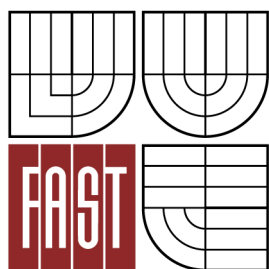




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VZDUCHOTECHNIKA AUTOCENTRA

AIR CONDITIONING FOR CAR CENTER

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ONDŘEJ DOHNAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. GÜNTER GEBAUER, CSc.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. ONDŘEJ DOHNAL

Název Vzduchotechnika autocentra

Vedoucí diplomové práce Ing. Günter Gebauer, CSc.

**Datum zadání
diplomové práce** 31. 3. 2012

**Datum odevzdání
diplomové práce** 11. 1. 2013

V Brně dne 31. 3. 2012

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Související zákonné předpisy a české i zahraniční technické normy
3. Odborná literatura
4. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

Práce bude zpracována v souladu s VŠ zákonem a ustanovením pro magisterské studium.

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, právních a normových ustanovení

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení realizovaná v praxi

Teoretické řešení vycházející z podstaty fyzikální dějů

Experimentální řešení (popis, metody a přístrojová technika, výsledky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově – koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci včetně výpočtů ve zpracování rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva.

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT) v zadané budově.

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomie provozu, dopadu na životní prostředí apod.

C. Volitelná část - zpracovaná bude jedna z částí C1, C2, C3

C1. Experimentální řešení a zpracování a hodnocení výsledků

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující zadanou problematiku.

C2. Algoritmizace, modelování, aplikace výpočetní techniky

Teoretické řešení úlohy, vývoj vlastního výpočetního nástroje pro řešení zadaného jevu, aplikace software pro modelování souvisejících dějů.

C3. Technické řešení vybrané varianty

Technické realizační řešení zadané specializace s grafickými i textovými výstupy

Předepsané přílohy

.....
Ing. Günter Gebauer, CSc.
Vedoucí diplomové práce

**LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO**
uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: **Ondřej Dohnal**

Bytem: Nábřeží Svatopluka Čecha 430, Semily 513 01

Narozen/a (datum a místo): 2.3.1987, Jilemnice

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební

se sídlem Veverčí 331/95, Brno 602 00

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

Prof. Ing. Rostislava Drochytka, CSc.

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
 - ☐ diplomová práce
 - ☐ bakalářská práce
 - ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Vzduchotechnika autocentra

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Günter Gebauer, CSc.

Ústav: Ústav technických zařízení budov

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- ☐ tištěné formě – počet exemplářů
 - ☐ elektronické formě – počet exemplářů
- *hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☐ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Abstrakt

Práce řeší problematiku tvorby interního mikroklimatu v objektu autocentra. Cílem práce je navrhnout optimální řešení stavu interního mikroklimatu objektu, jeho posouzení, výběr a návrh vhodného vzduchotechnického systému. Výsledkem jsou části: teoretická, projektová a experimentální.

Klíčová slova

Vzduchotechnika, mikroklima, kancelář, showroom, hodnocení, měření, experiment

Abstract

The work solves the issue of the creation an internal microclimate in the object of car center. The objective of the work is to design an optimal solution of internal microclimate in the building, its assessment, selection and design of a suitable ventilation system. The results are parts: theoretical, designing and experimental.

Keywords

Ventilation, microclimate, office, showroom, rating, measurement, experiment

...

Bibliografická citace VŠKP

DOHNAL, Ondřej. *Vzduchotechnika autocentra*. Brno, 2013. 92 s., 118 s. příl.

Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Günter Gebauer, CSc..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 2.1.2013

.....
podpis autora
Ondřej Dohnal

Obsah

A. Část A – Analýza tématu	13
1. Úvod	13
2. Cíle řešení DP	13
3. Metody řešení	14
3.1. Dělení	14
4. Právní předpisy pro interní mikroklima na pracovišti	14
4.1. Tepelná pohoda pracoviště	14
4.2. Větrání pracovního prostředí	17
4.3. Ochrana proti hluku	18
5. Vzduchotechnické systémy	19
5.1. Vzduchotechnické systémy můžeme dělit	19
6. Teoretické řešení	19
6.1. Fyzikální podstata	19
6.2. Metodika návrhu systémů VZT	29
B. Část B - Aplikace tématu	32
1. Popis zadaného objektu	32
2. Vstupní data	33
2.1. Právní podklady, normy a prováděcí předpisy	35
3. Požadavky interního mikroklimatu	35
4. Tepelně vlhkostní bilance budovy	35
4.1. Výpočet	35
4.2. Tepelná zátěž	36
4.3. Vypočítané hodnoty zátěží a ztrát	36
5. Návrh technického řešení	37
5.1. Vhodné vzduchotechnické systémy	38

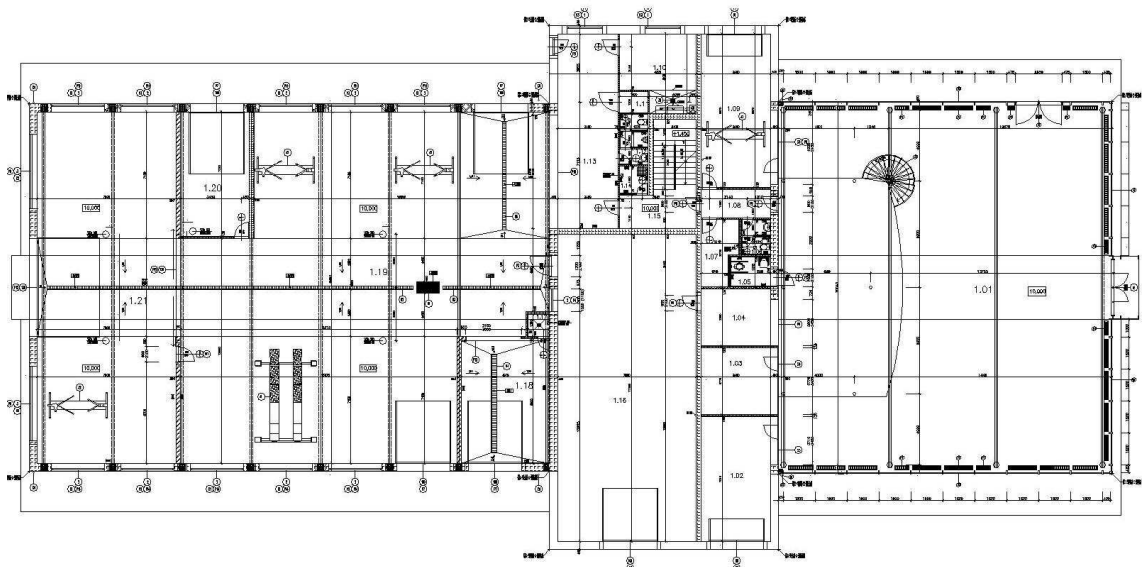
5.2. Varianty řešení - studie	41
5.3. Řešení variant.....	44
6. Zhodnocení variant	71
7. Technická zpráva	72
7.1. Charakteristika a základní údaje o stavbě	72
7.2. Přehled výchozích údajů a podkladů	72
7.3. Koncepční řešení VZT	72
7.4. Vstupní hodnoty a mikroklimatické podmínky	73
7.5. Přehled navržených vzduchotechnických systémů	73
7.6. Energetické zdroje.....	73
7.7. Požadavky na související profese	74
7.8. Ochrana životního prostředí.....	75
7.9. Pokyny pro montáž, obsluhu a údržbu.....	75
7.10. Závěr	76
C. Část C – Volitelná část	77
1. Experimentální měření.....	77
1.1. Cíle měření.....	77
1.2. Popis objektu.....	77
1.3. Popis měření.....	78
1.4. Měřicí technika	78
1.5. Výsledky měření	81
1.6. Vyhodnocení výsledků měření.....	83
2. Algoritmizace a modelování	83
2.1. Cíl výpočtu.....	83
2.2. Tepelné chování budovy:.....	83
2.3. Tepelné chování místnosti:	84

2.4. Výsledky výpočtů.....	86
3. Srovnání výsledků	88
Bibliografie.....	90
Seznam příloh.....	91

A. Část A – Analýza tématu

1. Úvod

Tato práce se bude zabývat řešením interního mikroklimatu autocentra, kde v jedné budově spolupůsobí různé provozny a tudíž i provozní podmínky a nároky na mikroklima se liší. Za nejdůležitější prostoru je považován tzv. „Showroom“ (autosalon), kde prodejce vystavuje automobily a nabízí je zákazníkům. Dalšími provozny jsou kanceláře, sklad, dílny a myčka.



ekonomických požadavků s využitím rešerší a ustálených poznatků o vzduchotechnice a vytvoření koncepčně-technických řešení.

3. Metody řešení

3.1. Dělení

- 1) Empirické – využití předchozích zkušeností
- 2) Analytické – řešení problémů pomocí známých vztahů a jejich úpravy
- 3) Numerické – využíváno pokud je analytické řešení moc složité nebo nereálné
- 4) Modelování – zhotovení fyzického nebo matematického modelu, který se svými vlastnostmi a okrajovými podmínkami co nejvíce přiblíží skutečnému objektu

4. Právní předpisy pro interní mikroklima na pracovišti

Minimální dávka čerstvého vzduchu na zaměstnance je uvedena se mění dle druhu a náročnosti práce, které jsou uvedeny v *Tabulka A-1 – Energetický výdej člověka pro třídy práce*, která je vyjmuta z [1].

4.1. Tepelná pohoda pracoviště

Třída práce	Druh práce	Energetický výdej $M [W/m^2]$
I	Práce v sedě s minimální celotělovou pohybovou aktivitou, kancelářské administrativní práce, kontrolní činnost v dozornách a velínech, psaní na stroji, práce s PC, apod.	do 80
Ia	Práce převážně v sedě spojená s lehkou manuální prací rukou a paží, řízení osobního vozidla, a některých drážních vozidel, přesouvání lehkých břemen nebo překonávání malých odporů, automatizované strojní opracovávání a montáž malých lehkých dílů, kusová práce nástrojářů a mechaniků, pokladní	81 až 105
Ib	Práce spojená s řízením nákladního vozidla, traktoru, autobusu, apod. Práce především ve stoje s trvalým zapojením obou rukou, paží nohou – dělnice v potravinářské výrobě, mechanici, strojní opracování a montáž středně těžkých dílců, práce na ručním lisu, apod.	106 až 130
Ila	Práce ve stoje s trvalým zapojením obou horních končetin	131 až 160

	občas v předklonu nebo v kleče, chůze – údržba strojů, mechanici, obsluha koksových baterie, práce ve stavebnictví, občasné přenášení břemen do 15 kg, montážní práce na montážních linkách v automobilovém průmyslu, apod.	
IIb	Práce ve stoje s trvalým zapojením obou horních končetin, trupu, chůze, práce ve stavebnictví při tradiční výstavbě, čištění menších odlitků sbíječkou a broušením, příprava forem na 15 až 50 kg odlitky, apod.	161 až 200
Va	Práce spojená s rozsáhlou činností svalstva trupu, horních i dolních končetin – práce ve stavebnictví, s lopatou, přenášení břemen do 25 kg, práce se sbíječkou, práce v lesnictví, práce v dolech, apod.	201 až 250
Vb	Práce spojené s rozsáhlou a intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin – práce na pracovišti hlubinných dolů – ražba, těžba, doprava, apod.	251 až 300
V	Práce spojená s rozsáhlou a velmi intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin – transport těžkých břemen např. pytlů s cementem, výkopové práce, práce se sekerou přetěžbě dřeva, apod.	301 a více
Práce neuvedené v tabulce se zařazují s ohledem na druh práce obdobného charakteru.		

Tabulka A-1 – Energetický výdej člověka pro třídy práce

V tabulce A-2 jsou uvedeny přípustné mikroklimatické podmínky, které musí být dodrženy po celý rok. T_o [°C] je teplota operativní, „*udává teplotu uzavřeného černého prostoru, v němž by lidské tělo sdílelo radiací a konvekci stejné tepla Q , jako ve skutečném prostoru*“ (1 str. 16). T_g [°C] je teplota ve výši hlavy.

Třída práce	M [W/m ²]	t _{o,min} nebo t _{g,min} [°C]	t _{o,max} nebo t _{g,max} [°C]	v _a [m/s]	Rh [%]
I	<= 80	20	27	0,01 až 0,2	30 až 70
IIa	81 až 105	18	26		
IIb ³⁾	106 až 130	14	32	0,05 až 0,3	
IIIa	131 až 160	10	30	0,1 až 0,5	
IIIb	161 až 200	10	26		
IVa	201 až 250	10	24		
IVb ¹⁾	251 až 300	10	20		
V ²⁾	301 a více	10	20		

Vysvětlivka:

Hodnoty $t_{o,max}$ nebo $t_{g,max}$ pro přirozeně větraná pracoviště vyžadují oblek o tepelném odporu 0,5 clo

Hodnoty $t_{o,min}$ nebo $t_{g,min}$ pro přirozeně větraná pracoviště vyžadují oblek o tepelném odporu 1,0 clo

V případě, že v_a na pracovišti je $\leq 0,2$ m/s platí, že $t_o = t_g$.

- 1) Práce třídy IVb není pro ženy celosměnově přípustná z hlediska hygienických limitů fyzické zátěže, režimová opatření je nutno aplikovat i při $t_o \leq 10$ °C.
- 2) Práce třídy V není pro ženy z hlediska hygienických limitů fyzické zátěže přípustná, pro muže není celosměnově z hlediska hygienických limitů fyzické zátěže přípustná, režimová opatření je nutno aplikovat i při $t_o \leq 10$ °C.
- 3) U prací zařazených do třídy práce IIb až V musí být současně dodrženy přípustné limity pro krátkodobě a dlouhodobě přípustnou zátěž z hlediska energetické náročnosti práce.

Tabulka A-2 - Zátěž teplem při práci na nevenkovním pracovišti s neudržovanou teplotou přirozeně větraném, na pracovišti, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání a na pracovišti s udržovanou teplotou jako technologickým požadavkem

V tabulce A-3 jsou uvedeny hodnoty doporučeného mikroklimatických podmínek pro třídy práce I a IIa, což znamená pro kancelářské prostory.

Třída práce	M [W/m ²]	Kategorie	Klimatizované pracoviště					v _a [m/s]	Rh [%]
			Nastavení vytápění			Nastavení chlazení			
			Tepelný odpor oděvu 1,0 clo			Tepelný odpor oděvu 0,5 clo			
			t _{o,min} (t _{g,min}) [°C]			t _{o,min} (t _{g,min}) [°C]			
I	≤ 80	A	22	± 1,0		24,5	± 1,0	0,05 až 0,2	30 až 70
		B		± 1,5			+ 1,5 - 1,0		
		C		+ 2,5 - 2,0			+ 2,5 - 2,0		
IIa	81 až 105	A	20	± 1,0		23	± 1,0		
		B		± 1,5			+ 1,5 - 1,0		
		C		+ 2,5 - 2,0			+ 2,5 - 2,0		

Vysvětlivka:

Kategorie A platí pro klimatizovaná pracoviště s požadovanou vysokou kvalitou prostředí, na nichž je vykonávána práce náročná na pozornost a soustředění, například zpracování odborných stanovisek, zpracování dat a dále pro pracoviště určená pro tvůrčí práci, například práce grafiků, překladatelů.

Kategorie B platí pro klimatizovaná pracoviště s požadovanou střední kvalitou prostředí při práci vyžadující průběžnou pozornost a soustředění, například úkony spojené s vyřizováním korespondence, psaní na počítači.

Kategorie C platí pro ostatní klimatizovaná pracoviště.

Tabulka A-3 - Přípustné hodnoty nastavení mikroklimatických podmínek pro klimatizované pracoviště třídy I a IIa

4.2. Větrání pracovního prostředí

Dle NV 361/2007 Sb. se minimální dávka čerstvého vzduchu přiváděného na pracoviště pohybuje mezi 25 a 90 m³/h dle druhu práce:

- 1) 25 m³/h na jednoho zaměstnance, který vykonává práci třídy I nebo IIa uvedené v tabulce A-1, na pracovišti bez přítomnosti chemických látek.
- 2) 50 m³/h na jednoho zaměstnance, který vykonává práci třídy I nebo IIa uvedené v tabulce A-1, na pracovišti s přítomností chemických látek, prachu, nebo jiných druhů znečištění.
- 3) 70 m³/h na jednoho zaměstnance, který vykonává práci dle tříd IIb, IIIa nebo IIIb uvedené v tabulce A-1.
- 4) 90 m³/h na jednoho zaměstnance, který vykonává práci dle tříd IVa, IVb nebo V dle tabulky A-1.

Minimální množství přiváděného čerstvého vzduchu podle výše uvedených bodů 1) – 4), se musí zvýšit o 10 m³/h.zaměstnanec, pokud je na pracovišti možnost další zátěže větraného prostoru, např. teplo nebo pachy. Na pracovišti s přístupem veřejnosti se musí množství venkovního vzduchu úměrně předpokládané zátěži 0,2 až 0,3 osoby/m² nezastavěné plochy místnosti. Proudění vzduchu musí být navrženo tak, aby zabezpečovalo dobré provětrávání pracoviště a nesmí přispívat k šíření škodlivin na jiné pracoviště.

Nucené nebo kombinované větrání je nutné užít pokaždé, pokud přirozené větrání nemá dostatečnou účinnost. Vzduch přiváděný na pracoviště musí obsahovat takové množství čerstvého vzduchu, aby se hodnota chemické látky snížila pod hodnotu přípustného expozičního limitu i nejvyšší přípustné koncentrace a prachu pod hodnotu přípustného expozičního limitu. Vzduchotechnické zařízení nesmí negativně ovlivňovat mikrobiální čistotu interního mikroklimatu a musí být nastaveno tak, aby zaměstnanci nebyli vystaveni průvanu. Pokud je použito nucené větrání, musí být přiváděný vzduch filtrován a v zimním období zahříván. Oběhový vzduch je nutné vyčistit tak, aby vzduch, který je přiváděn zpět na pracoviště neobsahoval chemickou látku nebo prach v koncentraci vyšší než 5 % přípustného expozičního limitu. Pokud je použito

teplovzdušné větrání nebo klimatizace nesmí podíl venkovního čerstvého vzduchu klesnout pod 15 % vzduchu přiváděného na pracoviště. Vyústění odvodního potrubí musí být umístěno tak, aby nedocházelo ke zpětnému nasávání odpadního vzduchu. Pokud by porucha větracího zařízení umístěného na pracovišti mohla způsobit zvýšení koncentrace chemické látky a prachu, musí mít toto zařízení signalizaci chodu a poruchy řídicího systému.

4.3. Ochrana proti hluku

Akustické mikroklima je jeden z důležitých prvků vnitřního mikroklimatu na pracovišti, protože hluk působí rušivě a škodlivě, může mít zásadní vliv na soustředěnost a výkonnost pracovníků, pokud přesahuje předepsané limity, může poškodit lidské zdraví. Mezi hlavní zdroje hluku ve vzduchotechnice řadíme ventilátory, pračky vzduchu, vzduchovody a koncové distribuční elementy. Hluk se může šířit vzduchem, konstrukcemi, může se šířit vzduchotechnickým zařízením, zejména vzduchovody. Pro určení míry vlivu hluku na lidské zdraví se při vyjadřování akustického tlaku, expozice zvuku a jejich hladin používá frekvenční vážení váhovými funkcemi A, C nebo G. Hladina zvuku (hluku) $L_{(A)}$ [dB] se měří zvukoměrem s použitím výše uvedených váhových funkcí, slouží k hodnocení akustického stavu v místnostech s lidmi, hodnota vyjadřuje akustické poměry. Hladina akustického výkonu L_p [dB] ukazuje hlučnost zdroje a hladina akustického výkonu $L_{p(A)}$ [dB] je celková hladina, která je opravena váhovými filtry. Hodnotou ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{(A)eq}$ [dB] je zohledněna celková expozice (hladina zvuku i časové působení). Předepsané limitní hodnoty uvádí [2].

Přípustný expoziční limit ustáleného i proměnného hluku při práci, který je vyjádřen ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{aeq,8h} = 85$ dB, nebo expozicí zvuku $A E_{A,8h} = 3640 \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$.

Pro pracoviště, která jsou náročná na pozornost a soustředění, nebo jsou určena pro tvůrčí činnost platí, že $L_{Aeq,8h} = 50$ dB. Pracoviště ve stavbách pro výrobu a skladování, kde hluk nevzniká díky práci, která je zde prováděna, ale vzniká činností větracího či vytápěcího zařízení platí, že $L_{Aeq,8h} = 70$ dB.

5. Vzduchotechnické systémy

Dle architektonického a provozního řešení budovy, také podle orientace ke světovým stranám musíme zvolit vhodný systém úprav a distribuce vzduchu. Musíme zohlednit dostupný prostor, ať už pro umístění vzduchotechnické jednotky, vyvíječe chladu, tepla, možnosti umístění potrubí a distribučních prvků. Volba také závisí na požadavcích na interní mikroklima, jestli je provoz v daném prostoru náročný na tepelnou a vlhkostní stabilitu a hluk během svého provozu. V jaké výšce je pobytová zóna osob, aby rychlost proudění nepřekračovala předepsané hodnoty.

5.1. Vzduchotechnické systémy můžeme dělit

- dle funkce a účelu
 - větrání
 - přirozené
 - nucené
 - kombinace
 - teplovzdušné vytápění
 - dílčí klimatizace s chlazením
 - dílčí klimatizace s vlhčením
 - klimatizace
 - ústřední
 - decentrální
 - vodní
 - chladivové
 - zónové

6. Teoretické řešení

6.1. Fyzikální podstata

Stav interního mikroklimatu je výsledkem soustavy nestacionárních dějů ovlivněných okrajovými, provozními a právními podmínkami, s ohledem na ekonomii provozu. Tyto fyzikální děje jsou způsobené transferem tepla a látky a probíhají jak v interiéru tak exteriéru objektu. Svými funkcemi se na nich podílejí také vytápění, větrání nebo klimatizace. Nestacionární děje jsou proměnlivé v čase a prostoru a díky

tomu jsou nadmíru složité a proto se u nich využívá určitých zjednodušení, např.: idealizace konstrukce, proudění a přenosu, kvazistacionární, v případě přílišné složitosti i stacionární průběhy dějů. Běžným zjednodušením je idealizace teploty interního vzduchu, kdy se počítá, že v místnosti je všude stejná teplota. Další idealizacemi jsou, že tepelně-technické vlastnosti látek jsou konstantní po celou dobu, že změna teploty exteriérového vzduchu probíhá po harmonické křivce s amplitudou v časovém horizontu 24 hodin. V praxi se uplatní využití výpočetní techniky, kde jsou zavedeny algoritmy výpočtu, přijatá zjednodušení jsou v popisu funkce výpočetního softwaru. Mohou být uvedeny intervaly normálních hodnot veličin a kontrolováno zadání a výstup, aby nedocházelo k zadání, nebo výstupu nestandardních, či úplně mylných hodnot.

Fyzikální děje, které se uplatňují ve VZT, jsou:

1. Sdílení tepla – termomechanika
2. Proudění vzduchu prostorem a potrubím – aerodynamika
3. Tepelné cykly – termodynamika
4. Filtrace – oblast odlučování
5. Tepelně vlhkostní stavy vzduchu – psychrometrie
6. Šíření hluku – stavební akustika

Typické úlohy pro výše uvedené fyzikální děje uvedené v (1 str. 6):

- tepelné bilance budov (tepelná zátěž, ztráty, potřeby tepla)
- tepelné výkony elementů a zařízení (výměníky tepla)
- tepelné chování místností
- hmotnostní bilance budov (vodní zisky, vývin škodlivin)
- proudění vzduchu prostorem a potrubím
- filtrace vzduchu a odlučování škodlivin
- úpravy vzduchu (ohřev, chlazení, vlhčení, sušení) zejména pro klimatizaci
- hlukové poměry

6.1.1. Sdílení tepla

Základní způsoby sdílení tepla jsou *vedení, proudění a sálání*.

Vedení tepla můžeme dále rozdělit na *stacionární* nebo *nestacionární*. *Fourierův zákon* popsany v rovnici [A.6.1.1.], je základem pro popis vedení tepla a říká že vektor hustoty vedení tepla q je přímo úměrný teplotnímu gradientu ∇t . Cíl řešení je rozklad teplot v tuhých tělesech. Je vhodný pro použití v analytických, častěji numerických metodách řešení.

$$q = -\lambda \nabla t \quad [A.6.1.1]$$

Příklad stacionárního vedení tepla může být stacionární vedení tepla stěnou, kde je tepelný tok jednorozměrného vedení jednovrstvou stěnou dán rovnicí [A.6.1.2].

$$q = \frac{\lambda}{s} \cdot (t_{s1} - t_{s2}) [W/m^2] \quad [A.6.1.2]$$

Proudění tepla lze popsat jako mechanismus, kde se uplatňuje pohyb molekul tekutin obvykle konvekcí mezi místy s rozdílnými teplotami. Velikost přenosu teplot je ovlivněna rychlosti proudění kapaliny a dalších faktorech. Typickou aplikací těchto fyzikálních dějů ve vzduchotechnice jsou přestup nebo prostup tepla, který probíhá se změnou nebo bez změny skupenství teplotnosných látek (vzduchu, vody, chladiva). Toto popisuje rovnice [A.6.1.3], což je *Newtonova rovnice přestupu tepla*.

$$Q = \alpha \cdot (t - t_s) [W/m^2] \quad [A.6.1.3]$$

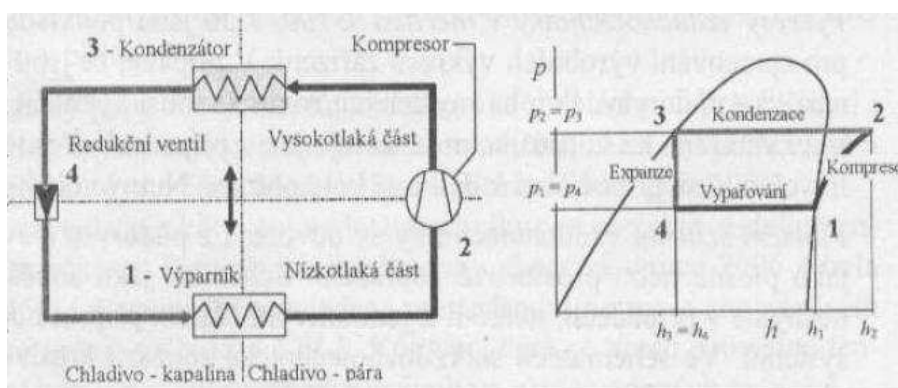
Součinitel přestupu tepla α [$W/m^2 \cdot K$] patří k základním veličinám pro řešení tepelných výměníků, tam jde o prostup tepla, čili „*výměna tepla mezi dvěma kapalinami oddělenými tuhou stěnou*“ (1 str. 6). Pro určení součinitele přestupu tepla je třeba složitých výpočtů a jeho přesnější určení je možné pouze pro jednodušší případy proudění. Zásadní pro určení součinitele α jsou podobnostní kritéria (Re , Pr , Gr , Fo , ...), tepelně-technické vlastnosti látek (ρ , c , λ , L , ...), dále rychlost proudění w , teplota t_w a charakteristický rozměr (h , L , δ , ...). Dle druhu proudění se řeší problematika mezní vrstvy, která má notný na předávání tepla.

Sáláním tepla se rozumí přenos tepla pomocí elektromagnetického záření o vlnové délce $\lambda = 0,8 - 400 \mu m$. Rovnicí [A.6.1.4] odvozenou ze Stefan-Boltzmanova zákona pro součinitel vzájemného osálení $c_{1,2}$ a poměr osálení $\phi_{1,2}$ můžeme vyčíslit tepelný tok Q sdílený radiací mezi dvěma plochami S_1 a S_2 s teplotami T_1 a T_2 .

$$\alpha_s = c_{1,2} \cdot \varphi_{1,2} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot s_1 \quad Q = \alpha_s \cdot \varphi_{1,2} \cdot (t_1 - t_2) \cdot S \quad [\text{A.6.1.4}]$$

6.1.2. Tepelné cykly

Jsou jev, kdy se teplo přenáší pomocí externí energie, v oblasti vzduchotechnických zařízení se uplatňuje hlavně obrácený Carnotův cyklus, který prezentují fyzikální děje vypařování, kondenzace, komprese a expanze, které probíhají v uzavřeném okruhu. Tento cyklus je podstata kompresorového chlazení ve vzduchotechnice, probíhá při něm chladicí cyklus, kde je teplo přenášeno pomocí skupenských změn chladiva, a je nejvíc užívaným zdrojem chladu ve VZT.



Obrázek A-II – Schéma cyklu chlazení z (1 str. 6)

6.1.3. Proudění vzduchu

Řešení a vyjádření tohoto fyzikálního děje je velmi složitým úkolem, protože je zde mnoho faktorů, které tento děj ovlivňují. Tento děj souvisí s transferem hmoty a tepla. Pohyb neboli proudění vzduchu mohou vyvolávat síly *mechanické* (oběžné kolo ventilátoru), *gravitační* nebo *rozdíl tlaku vzduchu* („komínový efekt“). Proudění vzduchu je důležitým aspektem při umísťování odvodní a přívodních vyústek v místnostech.

Pro *proudění vzduchu v prostoru* ve vzduchotechnice jsou základními pohybovými faktory vzduchu mechanické a gravitační síly, zřídka se projevuje pohyb vzduchu vyvolaný rozdílem tlaku vzduchu, proud vzduchu je dále formován výslednicí silových působení výše uvedených sil. Přesné řešení vyžaduje složité matematické modely, nebo experimentální měření, abychom dokázali určit rychlost, průtok, teploty a

koncentrace v různých částech místnosti, pro praktické řešení se používají idealizované stavy pro jednorozměrné nebo dvourozměrné proudění vzduchu. Pro interní mikroklima je důležité vědět, jakých hodnot nabývají veličiny, které určují proudění (rychlost, teplota, geometrická charakteristika), v určující oblasti místnosti, která je pro občanské stavby 1,6 – 2,0 m nad podlahou místnosti. Proud vzduchu je ovlivněn faktory jako je Coanův jev (vliv stěn), geometrií místnosti, úst'ové rychlosti vzduchu přívodních a odvodních vyústek.

Distribuce vzduchu v omezeném prostoru je v podstatě řízené proudění vzduchu, je závislé na rozdílu teplot přívodního vzduchu a vzduchu v místnosti a je zásadním faktorem pro vytváření interního mikroklima. Distribuce vzduchu v místnosti probíhá pomocí *koncových (distribučních) prvků*, dle polohy a durhu těchto prvků můžeme proudění dělit dle rychlosti a směru proudění.

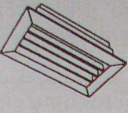
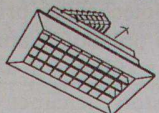
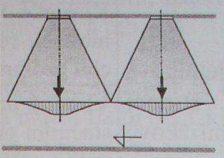
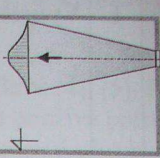
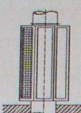
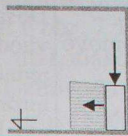
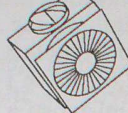
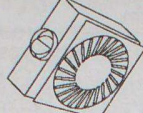
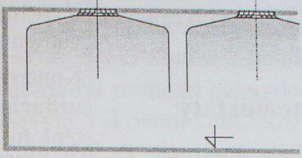
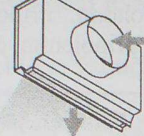
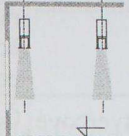
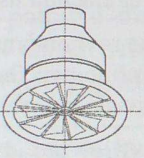
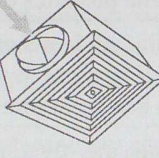
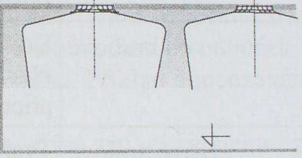
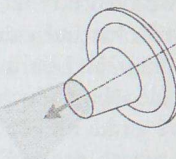
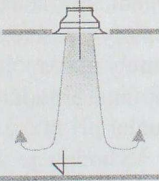
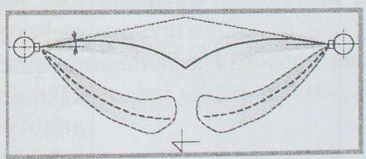
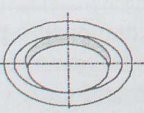
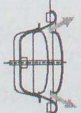
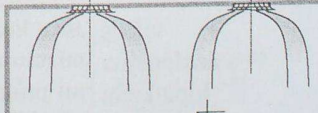
Dle rychlosti můžeme dělit proudění na:

- Laminární (vytěšňovací, zaplavovací)
- Turbulentní (zřed'ovací, směšovací, difúzní)
- Kompaktní (proudové)

Dle směru proudění:

- proudění *shora dolů* – vertikální nucený proud
- proudění *zdola nahoru* – vertikální nucený proud
- proudění *shora nahoru* – zakřivený prostorový proud

Distribuční prvky jsou napojeny na vzduchotechnické potrubí a dle druhu vytvářejí různé obrazy proudění, které jsou vhodné pro různé účely a provozy místností, ve kterých jsou tyto prvky umístěny, mohou také ještě sekundárně upravovat vzduchu, např.: teplotu, vlhkost. Na obrázku A-II můžeme vidět tabulku typických koncových prvků a jejich idealizovaných obrazů proudění.

Prvek	Schéma	Idealizované obrazy proudění
1 Vyústky 1 řadé, 2 řadé stropní stěnové podlahové	 jednořadé 1Ř  dvouřadé 2Ř	 
2 Vyústky velkoplošné		
3 Vyústky vířivé	Pevné lamely  Vířivý výtok vzduchu 	
4 Vyústky šterbinové		
5 Anemostaty drálové, vířivé	 	
6 Dýzy	 	
7 Talířové ventily	 	

Obrázek A-III - Tabulka typických koncových prvků z (1 str. 25)

6.1.4. Filtrace – odlučování

Vzduchové *filtry* se používají k odlučování škodlivin (tuhých, kapalných, plynných částic) ze vzduchu, který je nasáván zařízením vzduchotechniky z exteriéru, popřípadě interiéru. Tyto škodliviny se bez filtrace usazují uvnitř vzduchotechnických zařízení a potrubí, z toho vyplývá možnost vzniků plísní a virů, což má za následek znehodnocení přívodního vzduchu a tím i jeho škodlivost pro lidský organismus. Proto

musí být filtrace dostatečnou účinností s ohledem na požadavky vnitřního prostředí, do kterého je vzduch přiváděn. Pro běžné provozování postačuje jednostupňová filtrace, ale například pro provoz sterilního prostředí operačních sálů či výzkumných laboratoří se musí vzduch filtrovat několika stupni s různými druhy filtrů, aby bylo dosaženo odloučení prachových částic, bakterií a virů, které může vzduch obsahovat.

Filtry se dají dělit dle:

- Faktoru odlučování
 - impakce, intercepce, difúze, elektrické síly, sedimentace, ...
- Charakteru odlučovaných částic
 - prachové, aerosolové, speciální
- Odlučivost
 - pro hrubý prach, částice nad 10 μm , třída G
 - pro jemné částice nad 1 μm , třída F
 - s vysokou odlučivostí, třídy H a U, pro čisté prostory, aerosoly, radioaktivní částice, ...
 - speciální, pro chemické a bojové látky, technologické výpary
- Konstrukce
 - vložkové – výměnné vložky (deskové, kapsové)
 - pásové – odvinovací
 - buňkové – elektrostatické
- Osazení
 - potrubí, filtrační komory, vyústění (pro 3-stupňovou filtraci)

Počáteční odlučivost na atmosférický prach E_A		$E_A < 20 \%$	$E_A \geq 20 \%$
Charakteristické kritérium		Střední odlučivost na syntetický prach A_m (%)	Střední odlučivost na atmosférický prach E_m (%)
Skupina filtrů	Třída filtrů	Hraniční hodnoty třídy	
Hrubé G	G1	$A_m < 65$	-
	G2	$65 \leq A_m < 80$	-
	G3	$80 \leq A_m < 90$	-
	G4	$90 \leq A_m$	-
Jemné F	F5	-	$40 \leq E_m < 60$
	F6	-	$60 \leq E_m < 80$
	F7	-	$80 \leq E_m < 90$
	F8	-	$90 \leq E_m < 95$
	F9	-	$95 \leq E_m$

Obrázek A-IV - Třídění filtrů dle odlučivosti z (1 str. 36)

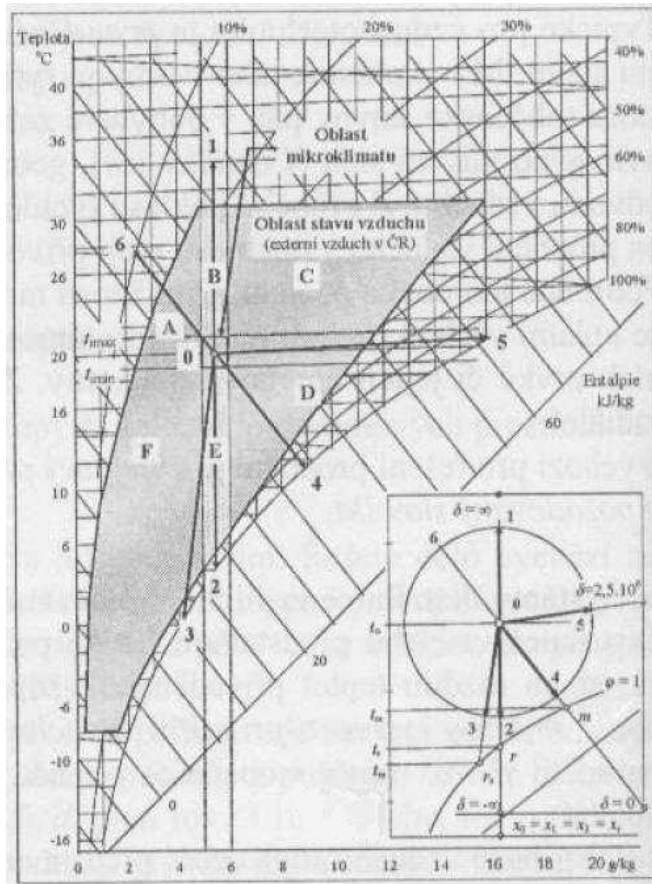
Na obrázku A-III můžeme vidět tabulku, ve které jsou uvedeny údaje o odlučivosti prachových částic u filtrů používaných pro běžné provozy bez speciálních požadavků na filtraci. Při návrhu filtrů je třeba kromě odlučivosti dbát na možný průtok vzduchu, jímavost a na počáteční a koncovou tlakovou ztrátu filtru. Jako výstup návrhu filtru jsou informace o typu, velikosti, tlakové ztrátě a činné ploše filtru.

6.1.5. Tepelně vlhkostní úpravy vlhkého vzduchu

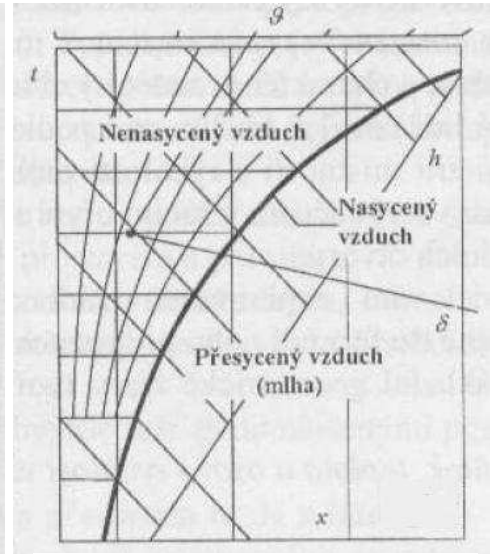
„Vlhký vzduch je směs plynů a par tvořená suchým vzduchem a vodou ve formě syté nebo přehřáté páry či mlhy.“ (1 str. 8)

V atmosférickém vzduchu se vyskytuje jisté množství vody ve formě syté nebo přehřáté páry nebo mlhy, pokud se ve vzduchu vyskytuje větší množství vodní páry než je obsah páry v nasyceném vzduchu, přebytečná vodní pára se vysráží při teplotě nad 0°C ve formě kapek a pod 0°C ve formě krystalků.

Stavy vzduchu popisují veličiny jako teplota, tlak, entalpie, vodní obsah nebo relativní vlhkost vzduchu. Těmito veličinami vyjadřujeme jaké probíhají tepelné a vlhkostní toky ve vzduchu a pokud známe alespoň dvě, můžeme jimi vyjádřit přesný stav vzduchu. Pro grafické řešení stavů vzduchu můžeme použít Molliérův h-x diagram, jehož příklady jsou vyobrazeny na obrázcích

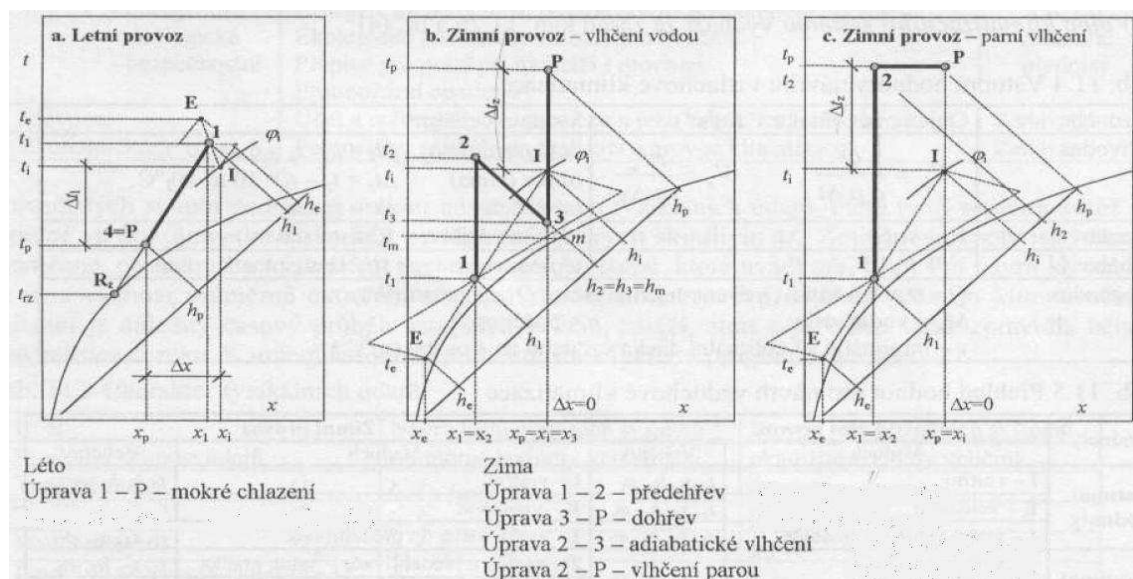


Obrázek A-VI – Stav vzduchu v H-X diagramu z (1 str. 8)



Obrázek A-V – Stav vzduchu v H-X diagramu z (1 str. 8)

Požadovaných stavů vzduchu dosáhneme využitím úpravy vzduchu nebo kombinací několika úprav vzduchu, na obrázku A-VI a,b,c je možné vidět základní úpravy vzduchu, zakreslené do Moliérova H-X diagramu, pro letní a zimní provoz vzduchotechnických zařízení.



Obrázek A-VII a,b,c – Ukázky základních úprav vzduchu pro zařízení VZT z (1 str. 52)

Základními úpravami vzduchu pro řešení jeho stavů jsou ohřev, chlazení, vlhčení, míšení vzduchu.

Ohřev vzduchu, který probíhá na ohřívaci vzduchu, probíhá bez změn vodního obsahu a s nárůstem relativní vlhkosti. Fyzikální děj, který probíhá v ohřívaci, je konvekce, tu zastupuje součinitel U , který je funkcí součinitelů přestupu tepla α . Rovnice [A.6.1.5] je základem pro vyjádření tepelného toku (t_1 , t_2), objemového (V) a hmotnostního (m) průtoku pro určitou teplosměnnou plochu (S).

$$Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = U \cdot S \cdot \Delta t \text{ [W]} \quad [\text{A.6.1.5}]$$

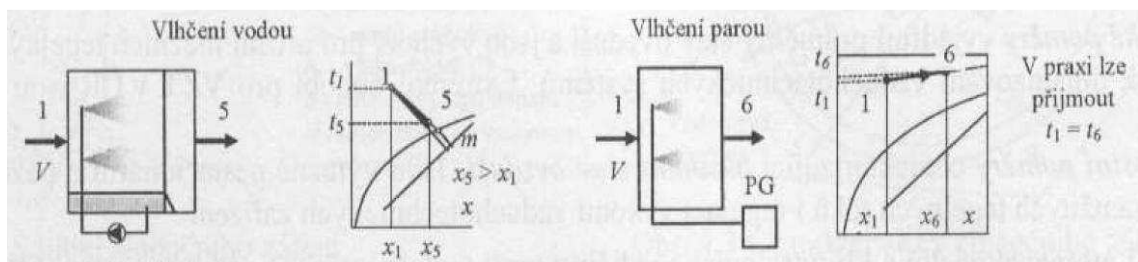
Chlazení vzduchu je suché, mokré nebo v kombinaci se zvlhčováním. Suché chlazení probíhá podobně jako ohřev bez změny vodního obsahu, jen teplota se snižuje, tato změna stavu vzduchu probíhá, pokud je povrchová teplota chladiče vyšší než teplota rosného bodu (t_r). Mokré chlazení probíhá, pokud je povrchová teplota chladiče nižší než teplota rosného bodu, vzduch prochází výměníkem, ochladí se a dochází k vysrážení vodní páry, díky čemu se zde mění vodní obsah a dochází k odvlhčování vzduchu, dochází k vytváření kondenzátu, je tedy třeba zajistit jeho odvod. Chlazení v kombinaci se zvlhčováním (adiabatické zvlhčování) probíhá ve vodním zvlhčovači, kdy se do vzduchu vstříkuje voda a mění se vodní obsah, vzduch se oproti mokrému

chlazení zvlhčuje. Rovnice [A.6.1.6] popisuje výpočet chladicího výkonu, návrh chladiče je složitá výpočetní úloha, obecně má charakter iterace, pro praxi se dají využít softwarová řešení.

$$Q = m \cdot (h_1 - h_2) = V \cdot \rho \cdot (h_1 - h_2) = U \cdot S \cdot \Delta t \text{ [W]} \quad [\text{A.6.1.6}]$$

Vlhčení vzduchu, při této úpravě se zvyšuje vodní obsah vzduchu a mění se i jeho teplota. Ve vzduchotechnice používáme vlhčení adiabatické (vodní) a polytropické (parní). Adiabatické probíhá ve vodním zvlhčovači (vodní pračka) a polytropické v parním, jehož nutnou součástí je vyvíječ páry (parní generátor). Obrázek XX nám ukazuje příklady vlhčení a změny stavů v H-X diagramech. Rovnice [A.6.1.7] popisuje výpočet hmotnostního toku vody (páry) ve zvlhčovači.

$$M = V \cdot \rho \cdot (x_2 - x_1) \quad [\text{A.6.1.7}]$$



Obrázek A-VIII – Vlhčení vzduchu z (1 str. 11)

6.2. Metodika návrhu systémů VZT

Vzduchotechnické zařízení vyžaduje vyčíslení typických veličin..

6.2.1. Okrajové podmínky

Mezi okrajové podmínky patří stav vzduchu exteriéru (t_e [°C], ϕ_e [%], h_e [kJ/kg]), požadovaný stav vzduchu v interiéru (t_i [°C], ϕ_i [%], koncentrace škodliviny [%]), dále geometrie budovy a místností, právní požadavky (NV 93/2012 Sb., NV 272/2011 Sb.).

6.2.2. Výpočet tepelných ztrát prostupem

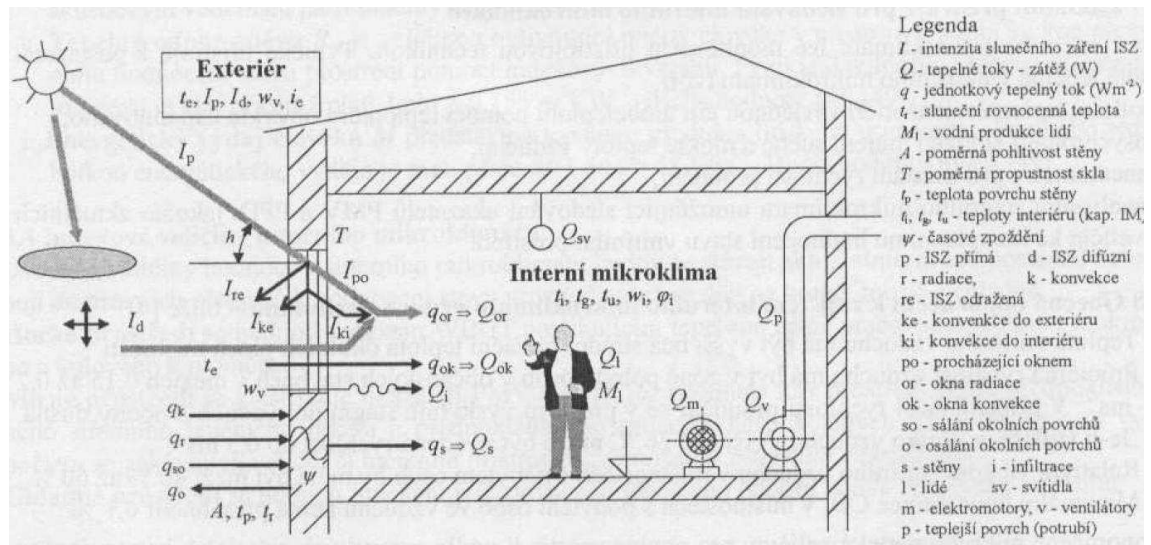
Výpočet tepelného výkonu dle ČSN EN 12 831, kde se počítají návrhové tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi $\Phi_{T,i}$, toto se uvádí v rovnici [A.4.2.1], kde se sčítají součinitelé tepelné ztráty přímo do exteriéru $H_{T,ie}$ [W/K], součinitel tepelné ztráty přes nevytápěný prostor $H_{T,iue}$ [W/K], součinitel tepelné ztráty do zeminy $H_{T,ig}$ [W/K],

součinitel tepelné ztráty do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu $H_{T,ij}$ [W/K], jejich součet se vynásobí rozdílem požadované teploty interiéru $\theta_{int,i}$ [°C] a teploty vzduchu v exteriéru θ_e [°C]

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad [A.6.2.1]$$

6.2.3. Tepelné a vodní zisky

- výpočet tepelné zátěže Q [W]
 - z vnějšího prostředí
 - tepelný zisk okny konvekcí Q_{ok} [W]
 - tepelný zisk okny sluneční radiací Q_{or} [W]
 - tepelný zisk stěn Q_s [W]
 - tepelný zisk infiltrací venkovního vzduchu Q_e [W]
 - od vnitřních zdrojů
 - produkce tepla lidmi Q_l [W]
 - produkce tepla svítidel Q_{sv} [W]
 - produkce tepla elektromotorů Q_m [W]
 - produkce tepla ventilátorů Q_v [W]
 - produkce tepla od jídel
 - produkce tepla ohřátím vzduchu ve vzduchovodech
 - produkce tepla od teplých povrchů Q_p [W] a materiálů Q_t [W]
 - tepelný zisk z okolních místností
- Vodní zisky M_w [kg/h]
 - produkce vodní páry lidí M_{wl} [kg/h]
 - odpar z mokrých povrchů M_{wo} [kg/h]



Obrázek A-IX – Schéma tepelně-vlhkostní zátěže z (1 str. 18)

6.2.4. Průtoky vzduchů

- množství přiváděného vzduchu V_p [m³/h]
 - popřípadě primárního V_{pr} [m³/h] a sekundárního vzduchu V_s [m³/h] (pro decentralizované vzduchotechnické jednotky)
- množství cirkulačního vzduchu V_c [m³/h]
- množství odváděného vzduchu V_o [m³/h]

6.2.5. Tlakové ztráty Δp [Pa]

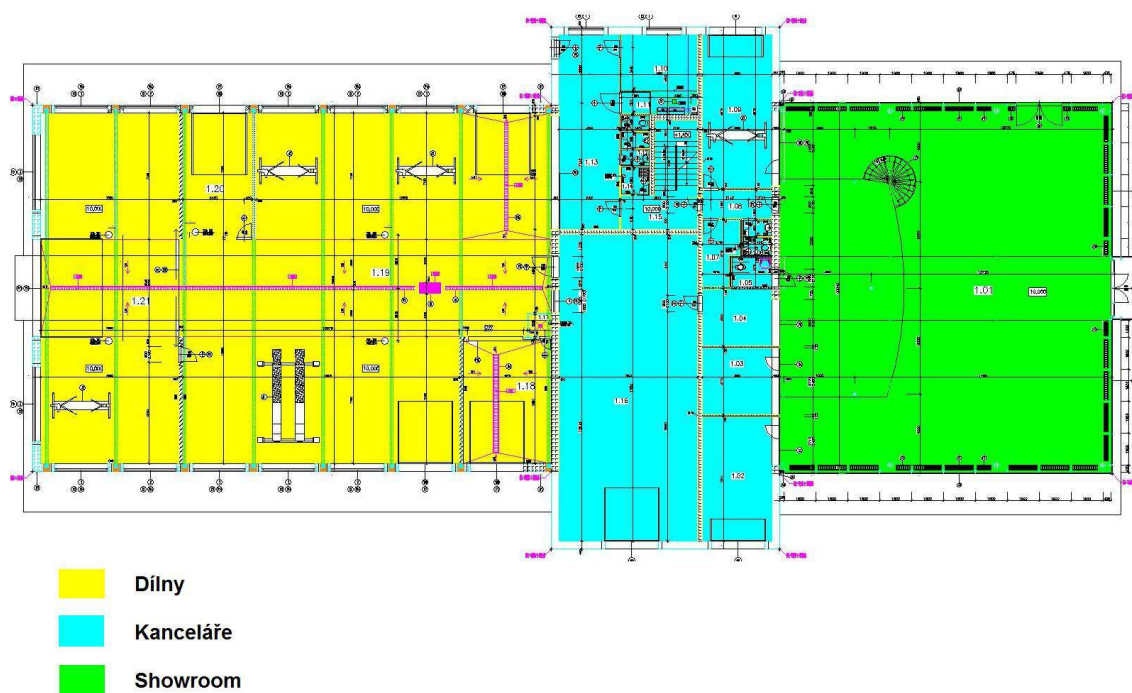
Skládají se z tlakových ztrát potrubí, kde se vyskytuje tlaková ztráta třením a tlaková ztráta místní odpory (kolena, odbočky, zmenšení nebo zvětšení profilu, změna tvaru potrubí), dále z tlakových ztrát koncových prvků (výfukových, nasávacích), tlakových ztrát vřazených zařízení (klapky, tlumiče, tepelné výměníky, filtry).

Při návrhu jednotky, nejdříve musíme navrhnout dimenze potrubí a distribučních prvků, na základě průtoků vzduchu a rychlostí vzduchu vypočteme, popřípadě odečteme z tabulky, tlakové ztráty, musíme vzít v úvahu i případné vřazené odpory a výsledné tlakové ztráty jednotlivých větví musíme zadat při návrhu jednotky do výpočtu velikosti ventilátoru.

B. Část B - Aplikace tématu

1. Popis zadaného objektu

Jedná se o objekt autocentra, který je rozdělen do třech celků, dvou halových a jednoho dvoupodlažního traktu. Halové trakty jsou situovány na východní a západní straně středového dvoupodlažního traktu, v jednom je situován „showroom“, prostora, kde provozovatel objektu vystavuje prodávaná vozidla, kde se nejvíce pohybují zákazníci. Ve druhém halovém traktu je situován autoservis, kde se nachází mycí linka vozidel, stanoviště servisních techniků, stanoviště pro měření emisí a karosářské pracoviště. Ve dvoupodlažním traktu jsou v 1NP situovány sklad, příjem vozů, místnost pro předávání vozů zákazníkům, opravná agregátu – pneuservis, kanceláře účetního a výdeje náhradních dílů, šatna chodba a WC. Ve 2NP jsou situovány kanceláře, sprchy, chodba, WC, kuchyňka a denní místnost. Řešená část objektu je halový trakt showroomu a dvoupodlažní trakt.



Obrázek B-I – Rozdělení objektu na VZT zařízení

Halový trakt showroomu má nosnou ocelovou příhradovou konstrukci zastřešení a jako podpory jsou navrženy ocelové sloupy, obvodový plášť je ze třech světových stran řešen jako lehký obvodový plášť se skleněnými výplněmi z izolačního dvojskla

s nosnou ocelovou konstrukcí z profilů. Orientace těchto stěn je na sever východ a jih. Tyto obvodové konstrukce nemají žádné stínící prvky kromě přesahu střechy, jsou tedy očekávány velké tepelné zisky v letním období. Čtvrtá obvodová konstrukce je nosnou stěnou dvoupodlažního traktu, na který je showroom napojen. Ve střeše je po celé délce traktu instalován světlík.

Střední dvoupodlažní trakt je řešen jako klasická zděná stavba s obvodovými stěna z cihelných tvarovek Porotherm a vodorovné nosné konstrukce jsou ze železobetonu, trakt má plochou střechu. Okna jsou plastová s izolačním dvojsklem bez stínících prvků.

Západní trakt s dílnami je řešen jako jednopodlažní halová konstrukce, kde je příhradová nosná střešní konstrukce, pro kterou tvoří nosnou konstrukci železobetonové sloupky, mezi kterými je výplňové zdivo z cihelných tvarovek. Výplně otvorů tvoří plastová okna s izolačním dvojsklem a garážová vrata se světlíky, střešní světlík.

2. Vstupní data

Lokalita:	Brno
Nadmořská výška:	227 m.n.m
Tlak vzduchu p :	98,5 kPa
Teplota vzduchu t_{ez} :	-12 °C
Teplota vzduchu t_{el} :	29 °C
Entalpie vzduchu h_e :	56,2 kJ/kg

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² .K]
Porotherm 44 P+D	0,330
Stěna 30 P+D pod stř.	0,206
Stěna pod střechou	0,22
ŽLB sloup, tep. iz., 6,5 P+D	0,278
Střecha (Showroom)	0,326
Střecha plochá	0,199
Prosklená fasáda	1,600
Střešní světlík izol. 3-sklo	1,600

Okno s izol.dvojsklem	1,500
Garážová vrata	1,700
Dveře	0,75

Tabulka B-1 – Součinitelé prostupu tepla konstrukcí

Údaje o místnosti				
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha místností [m ²]	Světlá výška místností [m]	Objem místnosti [m ³]
1 01	Autosalon	393,1	5,25	2 583,0
1 02	Předávání vozů	27,3	2,66	72,6
1 03	Učetní - pokladna	16,2	2,66	43,1
104	Výdej náhradních dílů	13,7	2,66	36,4
1 05	WC - tělesně postižení	4,1	2,66	10,9
1 06	WC - ženy	3,2	2,66	8,5
1 07	Šatna	6,9	2,66	18,4
1 08	Chodba	6,2	2,66	16,5
1 09	Příjem vozů	33,8	5,60	189,3
1 10	Tecnická místnost	18,0	2,66	47,9
1 11	Kompresor	1,9	2,66	5,1
1 12	WC - muži	4,4	2,66	11,7
1 13	Opravná agregátů - pneuservis	37,3	2,66	99,2
1 14	Úklid	2,5	2,66	6,7
1 15	Chodba + schdiště	17,7	2,66	47,1
1 16	Sklad	135,1	5,60	756,6
2 01	Galerie	0,0	2,35	0,0
2 02	Kancelář	31,3	2,70	84,5
2 03	Kancelář	9,0	2,70	24,3
2 04	Kancelář	11,9	2,70	32,1
2 05	Kuchyňka	4,7	2,70	12,7
2 06	Archív	7,1	2,70	19,2
2 07	WC - ženy	3,6	2,70	9,7
2 08	Chodba + schodiště	29,4	2,70	79,4
2 11	Sprchy - muži	6,9	2,70	18,6
2 10	Denní místnost	27,5	2,70	74,3
2 12	Šatna - muži	13,7	2,70	37,0
2 13	WC - muži	8,0	2,70	21,6
2 14	Úklid	2,6	2,70	7,0
2 09	Příjem vozů	33,8	5,60	189,3
2 15	Sklad	135,1	5,60	756,6
Celkem		877,1		4 373,2

Tabulka B-2 – Místnosti, jejich podlahové plochy, světlé výšky a objemy

2.1. Právní podklady, normy a prováděcí předpisy

Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.

Zákon č. 318/2012 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií ve znění pozdějších předpisů.

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví.

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.

ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov

ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor

ČSN EN 12 831 – Tepelné soustavy v budovách. Výpočet tepelného výkonu

3. Požadavky interního mikroklimatu

Údaje nutné pro zajištění vhodného interního mikroklimatu v prostorách showroomu, kancelářských prostor a dílen.

Místnost		Právní požadavky				Návrh hodnot		
Účel	Třída práce	Minimální teplota $t_{o,min}$ [°C]	Maximální teplota $t_{o,max}$ [°C]	Rychlost proudění v_a [m/s]	Relativní vlhkost Rh [%]	Teplota zima $t_{i,z}$ [°C]	Teplota léto $t_{i,l}$ [°C]	Relativní vlhkost Rh [%]
Kanceláře	I	20	27	0,01 - 0,2	30 - 70	20	26	50
	IIa	18	26					
Dílna	IIIa	10	30	0,05 - 0,3		17	26	50

Tabulka B-3 – Požadavky a návrh interního mikroklimatu

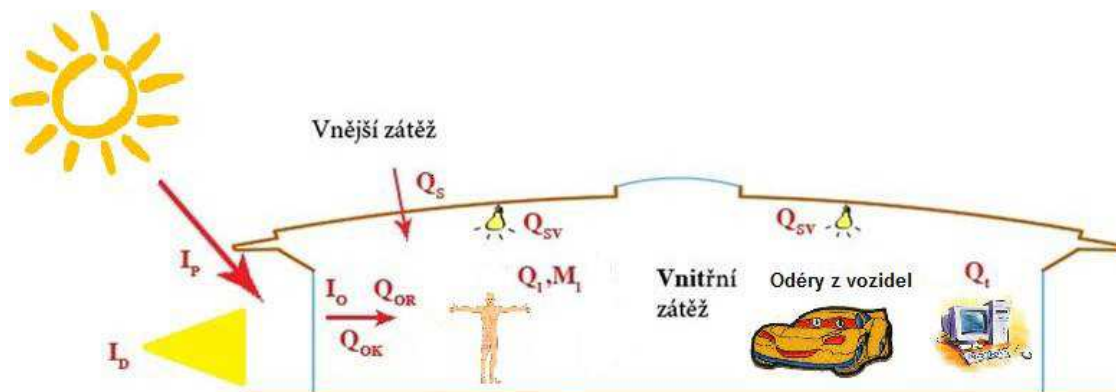
4. Tepelně vlhkostní bilance budovy

4.1. Výpočet

Výpočet tepelně vlhkostní bilance byl proveden dle ČSN 73 0548 pro tepelnou zátěž a podle ČSN EN 12 831 pro výpočet tepelných ztrát.

Výpočet viz. přílohy 2, 3, 4.

4.2. Tepelná zátěž



Obrázek B-II – Tepelně vlhkostní zátěž showroomu

4.2.1. Tepelná zátěž vnější

Zátěž okny radiací a konvekcí, zátěž stěnami a střechou. Vzhledem k absenci situačního výkresu je uvažováno, že budova není nijak výrazně zastíněna okolní zástavbou. Je taktéž uvažováno, že díky zvolené orientaci budovy budou největší tepelné zisky radiací 21. července a pro prostor showroomu to bude v 8 hodin, pro kancelářský trakt to bude ve 12 hodin a pro dílny to bude ve 14 hodin.

Pro prostor showroomu nejsou v projektu uvažována žádná další opatření pro snížení tepelné zátěže, je zde jen velký přesah střechy na jižní a severní straně objektu, který napomáhá snížení tepelné zátěže během doby, kdy výška slunce dosahuje vysokých hodnot a vytváří se stín téměř na celé jižní straně objektu. Na východní straně ale dochází v 8 hodin ráno k obrovským ziskům, protože výška slunce a azimut jsou téměř kolmé na východní fasádu budovy, nejsou téměř žádné stíny a dochází oslunění téměř celé plochy prosklené východní fasády. Proto by v praxi bylo vhodné navrhnout stínící prvky, aby došlo ke snížení nákladů na letní provoz.

4.2.2. Tepelná zátěž vnitřní

Je počítána tepelná zátěž od osob a osvětlení, ostatní vnitřní tepelná je zanedbávána.

4.3. Vypočítané hodnoty zátěží a ztrát

Údaje o místnosti	Tepelné bilance
-------------------	-----------------

Číslo místnosti	Název místnosti	Měrná tepelná ztráta prostupem [W]	Tepelná zátěž [W]	Vodní zisky [g/h]
1 01	Autosalon	26 197	88 912	2140
1 02	Předávání vozů	804	2 234	535
1 03	Učetní - pokladna	123	400	214
1 04	Výdej náhradních dílů	128	400	214
1 05	WC - tělesně postižení	271	200	0
1 06	WC - ženy	54	200	0
1 07	Šatna	43	300	214
1 08	Chodba	92	200	0
1 09	Příjem vozů	1 122	1 374	214
1 10	Tecnická místnost	276	371	107
1 11	Kompresor	100	230	0
1 12	WC - muži	200	200	0
1 13	Opravná agregátů - pneuservis	445	707	321
1 14	Úklid	55	100	0
1 15	Chodba + schdiště	238	300	0
1 16	Sklad	2 268	3 421	0
2 01	Galerie			
2 02	Kancelář	864	1 212	428
2 03	Kancelář	93	332	214
2 04	Kancelář	123	439	214
2 05	Kuchyňka	48	173	107
2 06	Archív	73	262	107
2 07	WC - ženy	37	133	107
2 08	Chodba + schodiště	186	1 085	0
2 11	Sprchy - muži	150	255	214
2 10	Denní místnost	596	910	428
2 12	Šatna - muži	297	506	214
2 13	WC - muži	173	295	0
2 14	Úklid	56	96	0
2 09	Příjem vozů			
2 15	Sklad			
Celkem		35 110	105 248	5992

Tabulka B-4 – Vypočítané hodnoty tepelně-vlhkostní bilance

5. Návrh technického řešení

Řešená část budovy je rozdělena na dva vzduchotechnické celky Showroom a kanceláře.

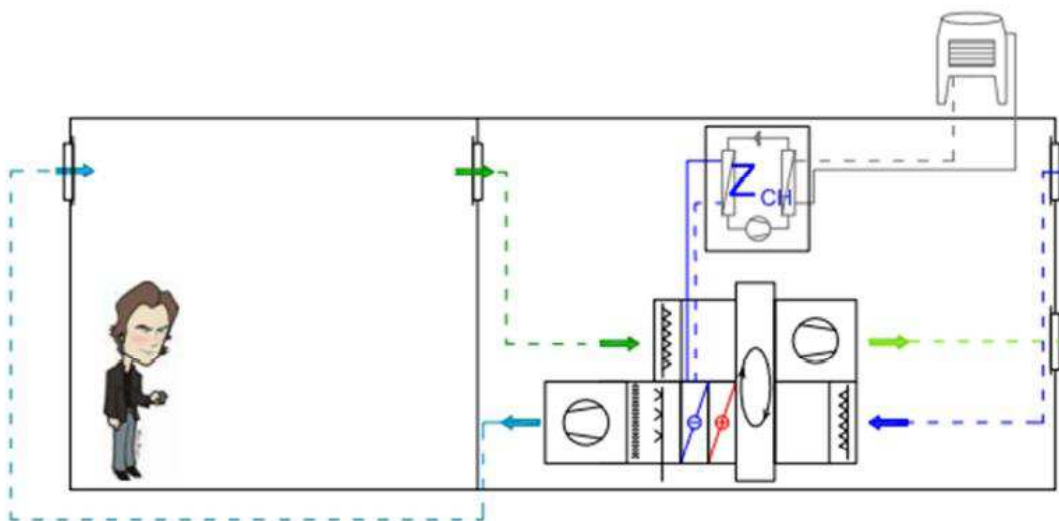
5.1. Vhodné vzduchotechnické systémy

5.1.1. Klimatizace vzduchová

Teplonosná látka: vzduch

Výhody: nižší hlučnost, pokrytí tepelných ztrát a zisků, možnost vlhčení odvlhčování

Nevýhody: velké nároky na prostor pro jednotku a potrubí, méně citlivá regulace



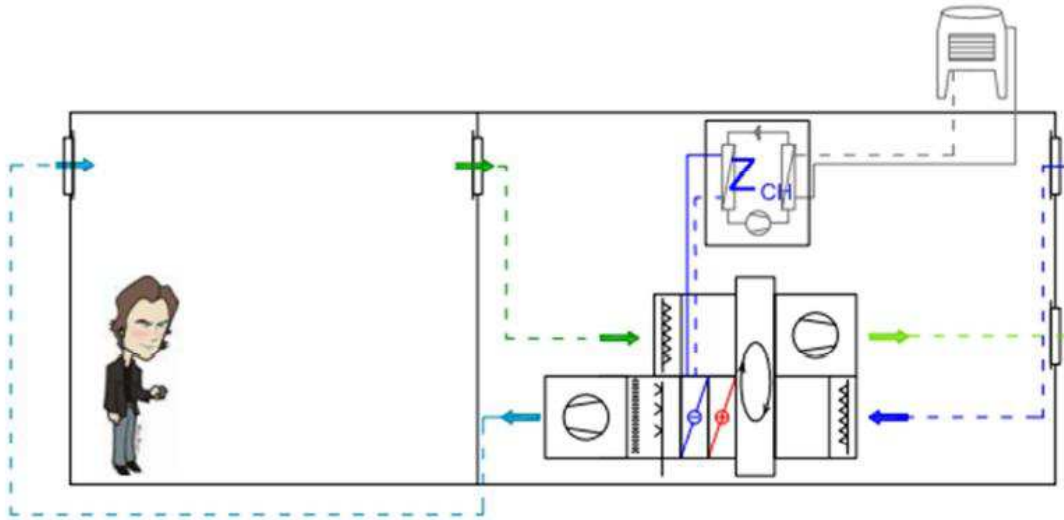
Obrázek B-III – Schéma klimatizačního vzduchového systému

5.1.2. Dílčí klimatizace s chlazením a vlhčením

Teplonosná látka: vzduch

Výhody: nižší hlučnost, pokrytí tepelných zisků, možnost vlhčení odvlhčování

Nevýhody: velké nároky na prostor pro jednotku a potrubí, méně citlivá regulace



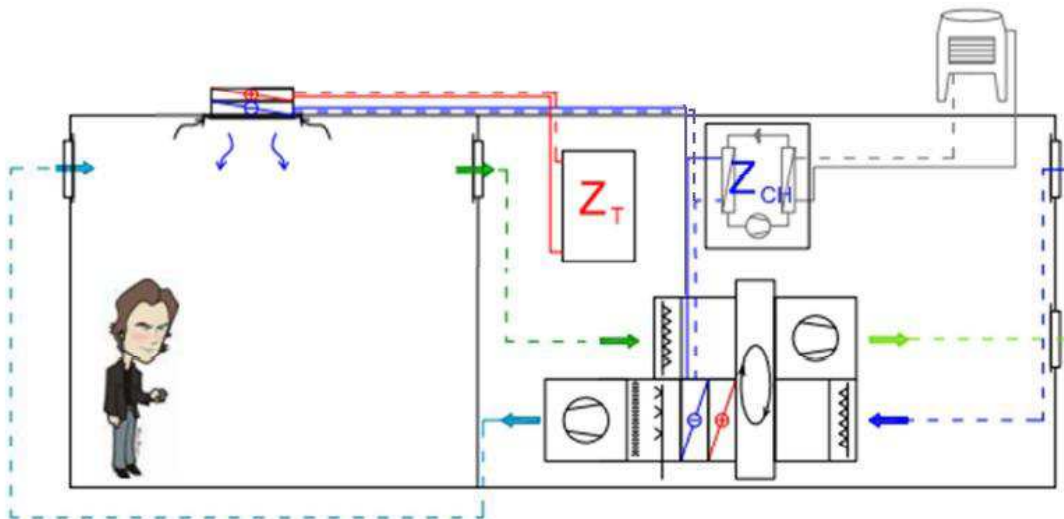
Obrázek B-IV – Schéma dílčí klimatizace s chlazením a vlhčením

5.1.3. Klimatizační systém vodní s fancoily (s ohřevem, chlazením a ZZT)

Teplonosná látka: vzduch, voda

Výhody: nižší nároky na velikost potrubí a centrálních jednotek, lepší odezva regulace

Nevýhody: hlučnost vnitřních jednotek



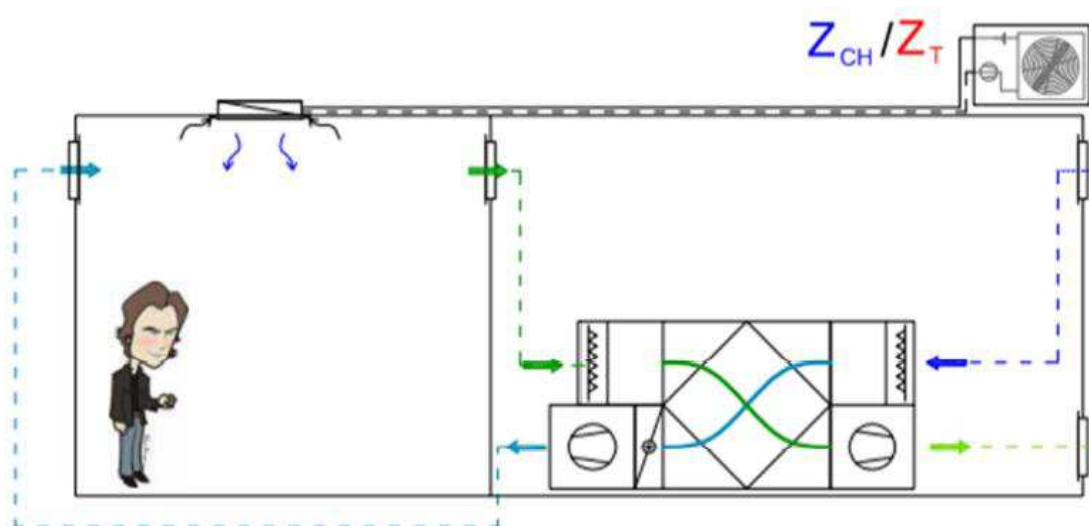
Obrázek B-V – Schéma klimatizačního systému vodního s fancoily

5.1.4. Kombinovaný systém chladivový

Teplonosná látka: vzduch, chladivo

Výhody: nižší nároky na velikost potrubí a centrálních jednotek, lepší odezva regulace

Nevýhody: hlučnost vnitřních jednotek, možnost úniku chladiva



Obrázek B-VI – Schéma kombinovaného klimatizačního chladivového systému

Ve všech případech bude navrženo ZZT.

Systémy jsou vzhledem k umístění centrální nebo decentrální,

Centrální:

- výhody: všechny důležité instalace v jednom místě = zjednodušení údržby
- nevýhody: velikost jednotek, potřeba velkých prostorů pro potrubí a jednotky

Decentrální:

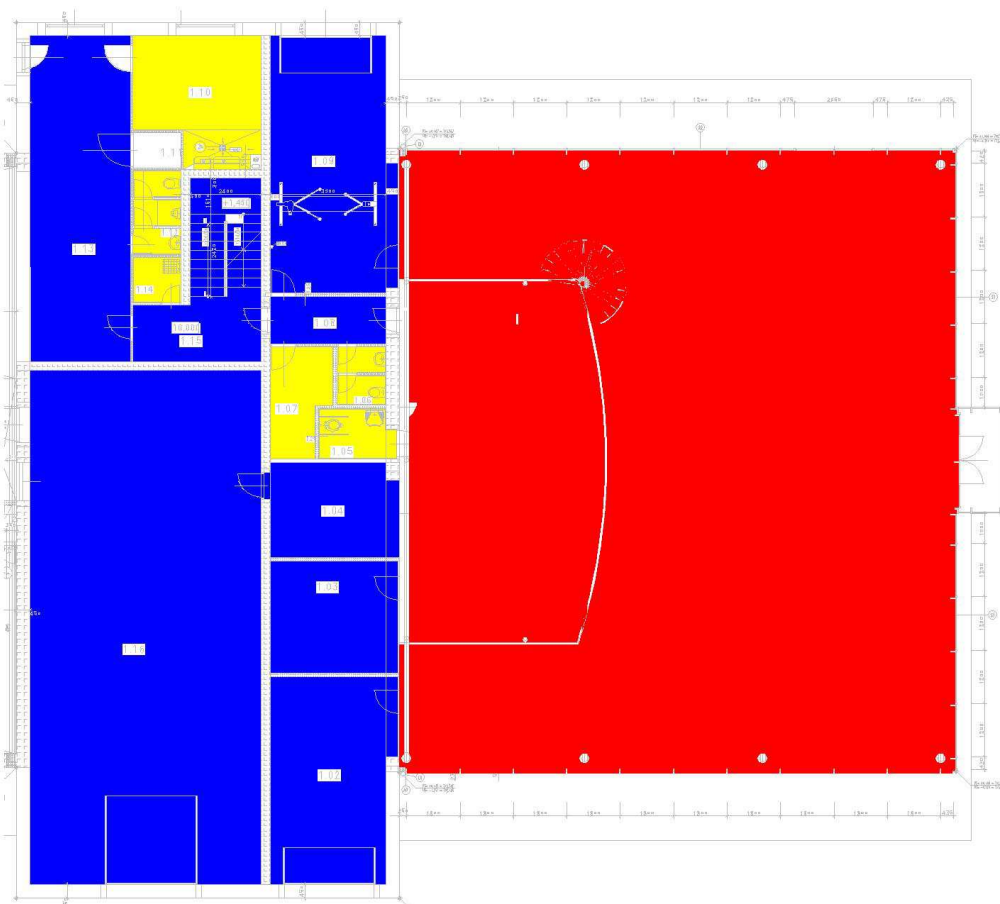
- výhody: více menších zařízení, při výpadku jednoho zařízení nemusí být ovlivněny ostatní zařízení
- nevýhody: požadavky na údržbu, hlučnost

5.2. Varianty řešení - studie

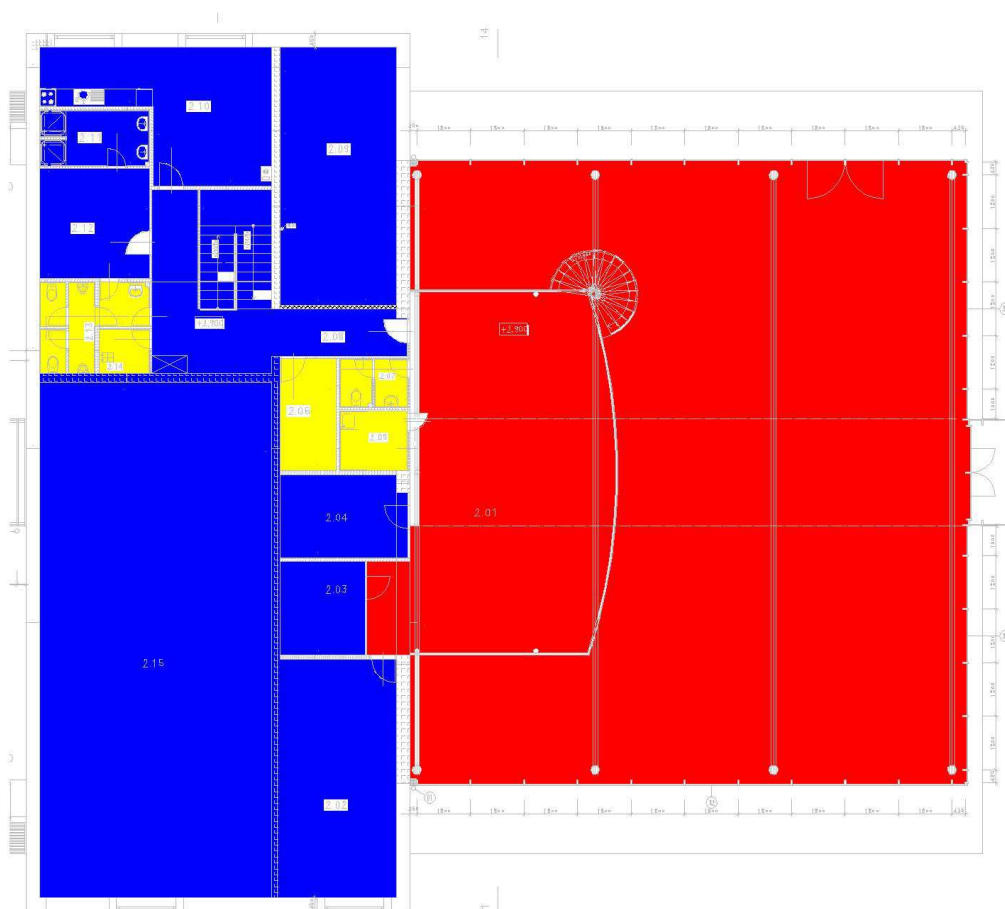
5.2.1. Varianta číslo 1 – návrh vzduchových systémů

	Klasifikace	Úpravy vzduchu	Provoz	Prostory
Zařízení č.1	Klimatizace vzduchová	Ohřev, chlazení, vlhčení, odvlhčení	Kombinovaný	1 01
Zařízení č.2	Dílčí klimatizace s ohřevem, chlazením, vlhčením a ZZT	Ohřev, chlazení, vlhčení, odvlhčení	Kombinovaný	1 02, 1 03, 1 04, 1 08, 1 09, 1 13, 1 15, 1 16, 2 02, 2 03, 2 04, 2 08, 2 10, 2 11, 2 12
Zařízení č.3	Odvod znehodnoceného vzduchu ze sanitárních zařízení a dílen	ZZT	Ventilační	1 05, 1 06, 1 07, 1 09, 1 10, 1 12, 1 13, 1 14, 2 05, 2 06, 2 07, 2 11, 2 12, 2 13, 2 14

Tabulka B-5 – Koncepce řešení



Obrázek B-VII – Schéma rozdělení místností pro jednotlivá zařízení 1 NP – varianta č. 1

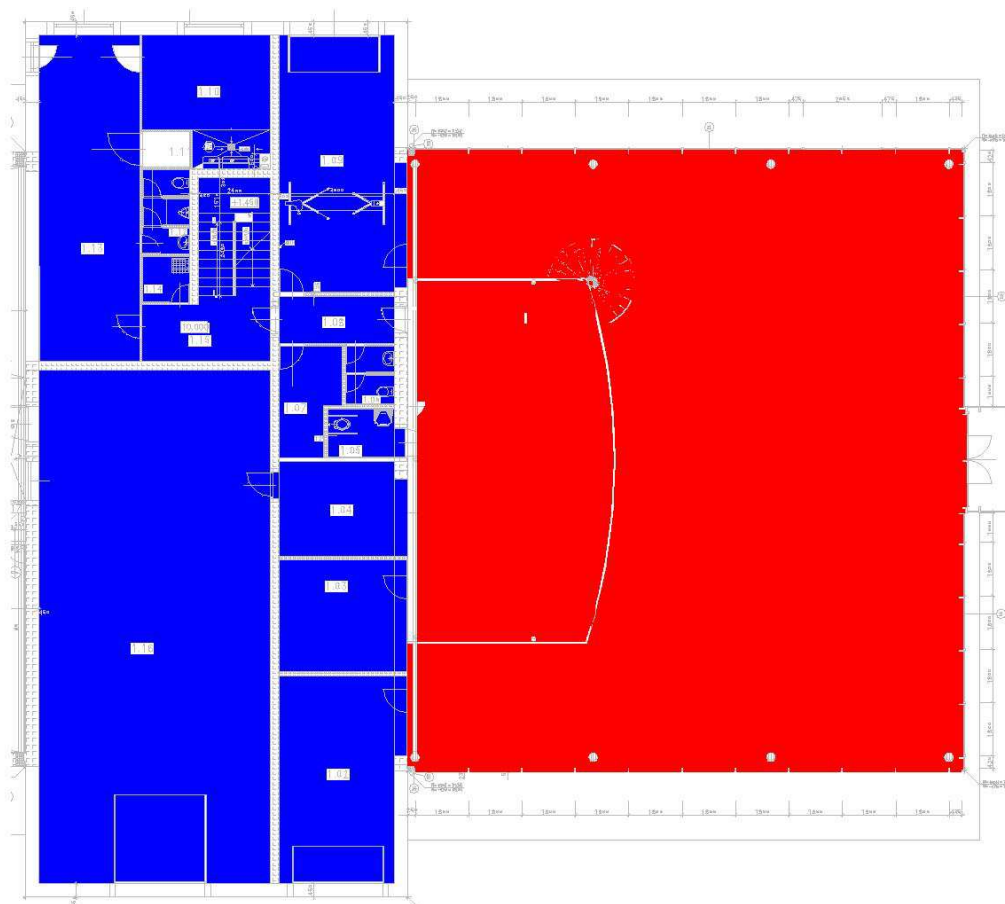


Obrázek B-VIII – Schéma rozdělení místností pro jednotlivá zařízení 2 NP – varianta č. 1

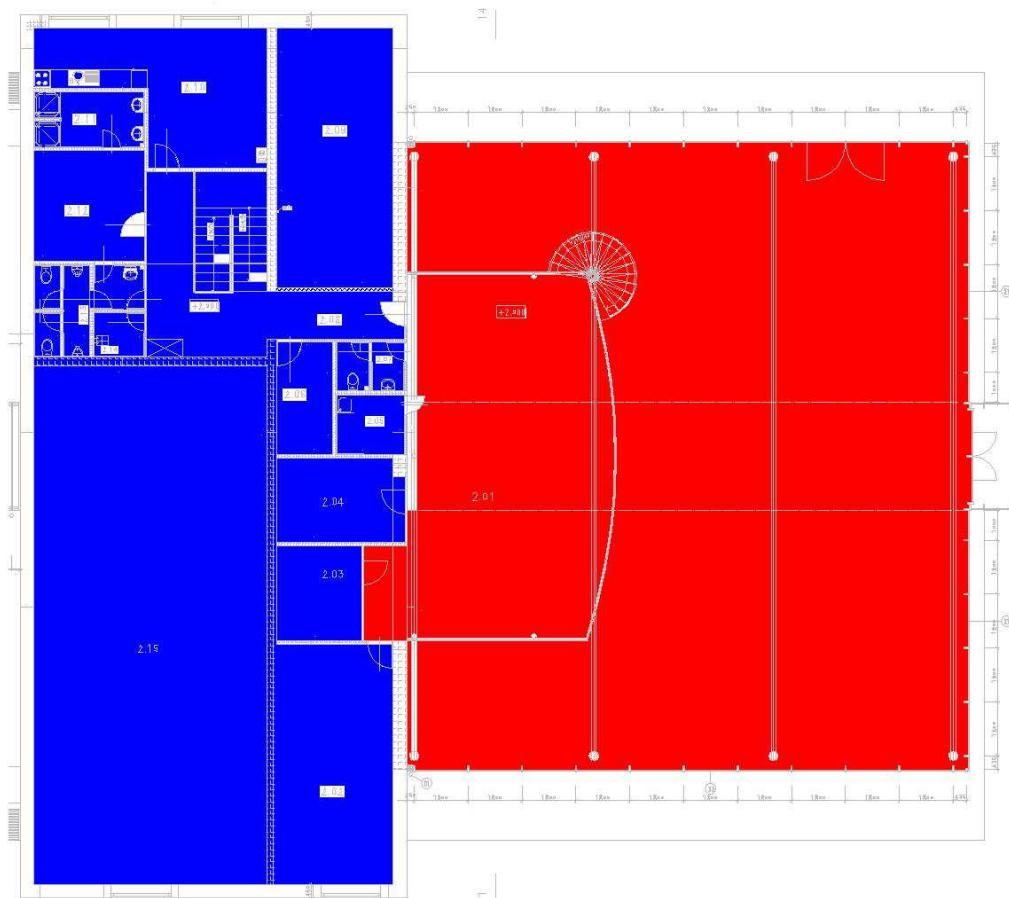
5.2.2. Varianta číslo 2 – klimatizační systémy vodní

	Klasifikace	Úpravy vzduchu	Provoz	Prostory
Zařízení č.1	Klimatizační systém vodní	Ohřev, chlazení, vlhčení, odvlhčení	Kombinovaný	1 01
Zařízení č.2	Klimatizační systém vodní	Ohřev, chlazení, vlhčení, odvlhčení	Kombinovaný	1 02, 1 03, 1 04, 1 08, 1 09, 1 13, 1 15, 1 16, 2 02, 2 03, 2 04, 2 08, 2 10, 2 11, 2 12, 1 05, 1 06, 1 07, 1 09, 1 10, 1 12, 1 13, 1 14, 2 05, 2 06, 2 07, 2 11, 2 12, 2 13, 2 14

Tabulka B-6 – Koncepce řešení – varianta č. 2



Obrázek B-IX – Schéma rozdělení místnost pro jednotlivá zařízení 1 NP – varianta č.2



Obrázek B-X – Schéma rozdělení místností pro jednotlivá zařízení 2 NP – varianta č. 2

5.3. Řešení variant

5.3.1. Varianta číslo 1

V této variantě budou použita tři vzduchotechnická zařízení s různými provozními režimy.

Zařízení číslo 1 – Klimatizace vzduchová

Centrální vzduchotechnická jednotka bude zajišťovat přísun čerstvého vzduchu, pokrývání tepelná ztrát a zátěží, bude zajišťovat vlhčení a odvlhčování vzduchu. Bude pracovat v mírné přetlaku.

Vstupní údaje	
Vstupní podmínky pro místnost	1 01
Teplota vnějšího vzduchu pro letní období	$t_e = 29 \text{ } ^\circ\text{C}$
Entalpie vnějšího vzduchu	$h_e = 56,2 \text{ kJ/kg}$

Teplota vnitřního vzduchu	$t_i = 26 \text{ } ^\circ\text{C}$
Teplota přívodního vzduchu	$t_p = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu	$\phi_i = 50 \text{ } \%$
Tepelná zátěž místností	$Q_L = 88912 \text{ W}$
Vodní zisky od lidí	$M_W = 2140 \text{ g/h}$

Tabulka B-7 – Varianta č. 1 – zařízení č. 1 – vstupní údaje

Zařízení č.1 - Showroom							
Číslo místnosti	Přívod [m ³ /h]	Cirkulace [m ³ /h]	Odvod [m ³ /h]	Přívodní prvky		Odvodní prvky	
				Počet [ks]	Průtok [m ³ /h]	Počet [ks]	Průtok [m ³ /h]
1 01	38000	29700	2000	15	2100	13	2900
				10	650		

Tabulka B-8 – Varianta č. 1 – zařízení č. 1 – Průtoky vzduchů

Úpravy vzduchu zařízení č. 1

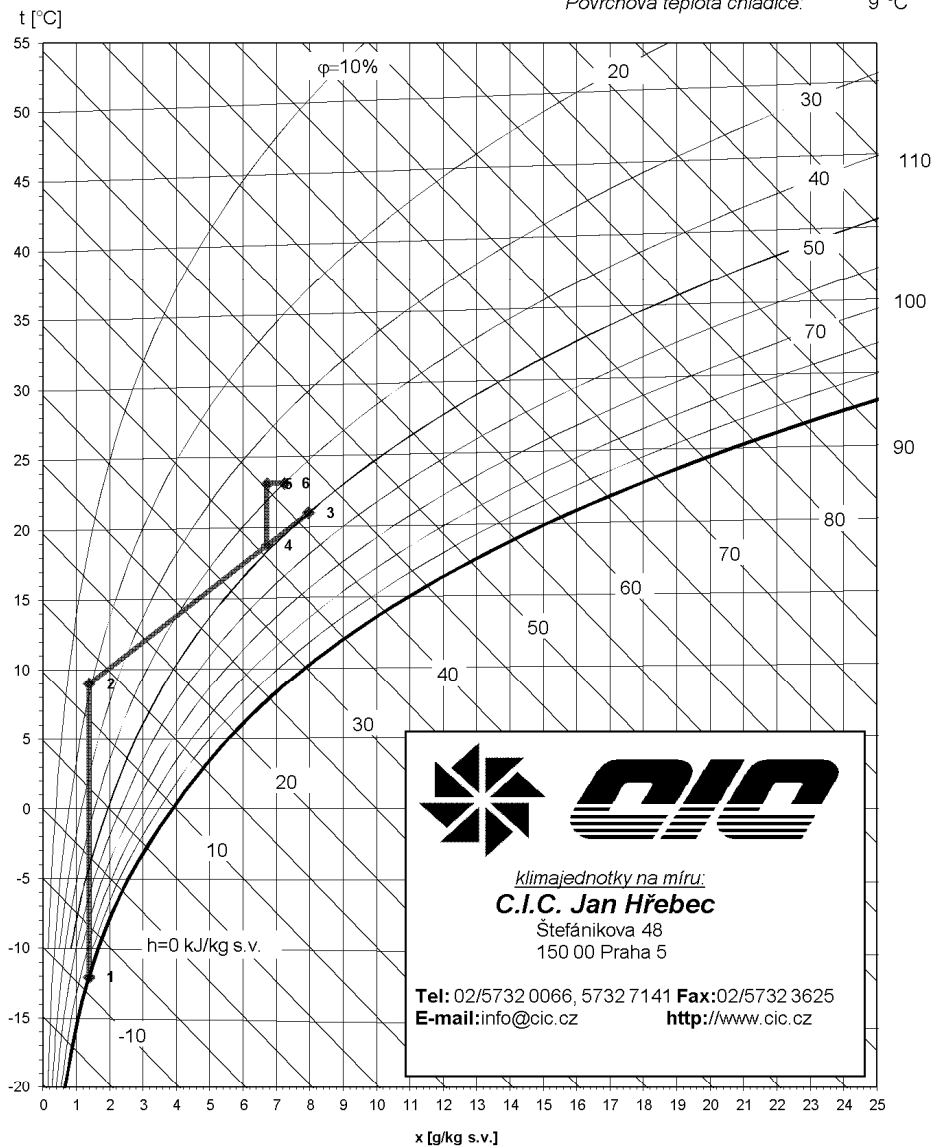
Psychrometrický diagram dle Molliera

Varianta č. 1 - Showroom - zima

Tlak vzduchu: 98,5 kPa

Max. vlhkost při úpravách: 100 %

Povrchová teplota chladiče: 9 °C

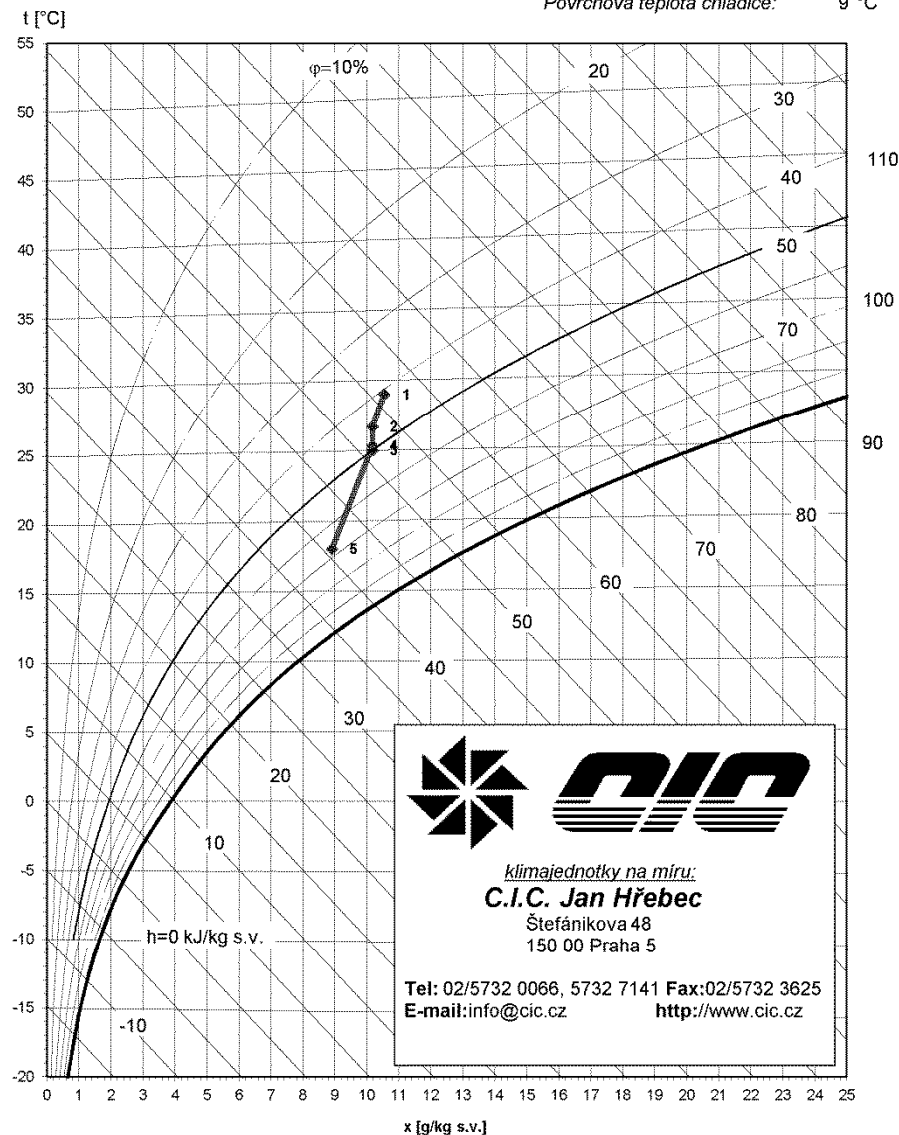


			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			zimní	rekup.	cirkul.	směs	ohřev	Vlhčení				
Teplota	t	°C	-12,0	9,0	21,0	18,8	23,1	23,1				
rel. vlhkost	φ	%	100%	19%	50%	49%	37%	40%				
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	1,4	1,4	8,0	6,7	6,7	7,2				
entalpie	h	kJ/kg s.v.	-8,7	12,6	41,4	36,0	40,4	41,7				
hustota	ρ	kg/m ³	1,31	1,22	1,16	1,17	1,15	1,15				
t. vlhkého tepl.	tv	°C	-12,0	1,6	14,5	12,5	14,1	14,6				
Skut. průtok	Vs	m ³ /h	7 597	8 208	37 196	45 405	46 080	46 118				
Norm. průtok	Vn	m ³ /h	8 300	8 300	35 700	44 000	44 000	44 000				
Předaný výkon	P	kW		58,8			65,1	19,1				
Odpálené vody	qw	kg/h		0,0		0,0	0,0	27,0				

Obrázek B-XI – Úpravy vzduchu zařízení č. 1 – zima

Psychrometrický diagram dle Molliera
Varianta č. 1 - Showroom - léto

Tlak vzduchu: 98,5 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladiče: 9 °C



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Ext	ZZT	Cirkul.	Směs	Chláz.					
Teplota	t °C	29,0	26,7	25,0	25,3	18,0					
rel. vlhkost	φ %	41%	45%	50%	49%	67%					
měr. vlhkost	x g/kg s.v.	10,5	10,2	10,2	10,2	8,9					
entalpie	h kJ/kg s.v.	56,2	52,9	51,2	51,5	40,7					
hustota	ρ kg/m3	1,13	1,14	1,14	1,14	1,17					
t. vlhkého tepl.	tv °C	19,3	18,3	17,8	17,8	14,3					
Skut. průtok	Vs m3/h	8 919	8 846	37 835	46 681	45 445					
Norm. průtok	Vn m3/h	8 300	8 300	35 700	44 000	44 000					
Předaný výkon	P kW		-9,1			-157,6					
Odpařené vody	qw kg/h		-3,6		0,0	-66,9					

Obrázek B-XII – Úpravy vzduchu zařízení č. 1 – letní

Zařízení číslo 2 – Dílčí klimatizace s vlhčením

Centrální jednotka bude zajišťovat větrání a vykřývat tepelnou zátěž a vodní zisky.

Vstupní údaje	
Vstupní podmínky pro místnost	1 02, 1 03, 1 04, 1 08, 1 09, 1 13, 1 15, 1 16, 2 02, 2 03, 2 04, 2 08, 2 10, 2 11, 2 12
Teplota vnějšího vzduchu pro letní období	$t_e = 29 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Entalpie vnějšího vzduchu	$h_e = 56,2 \text{ kJ/kg}$
Teplota vnitřního vzduchu	$t_i = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Teplota přívodního vzduchu	$t_p = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu	$\phi_i = 50 \text{ } \%$
Tepelná zátěž místností	$Q_L = 16336 \text{ W}$
Vodní zisky od lidí	$M_W = 3852 \text{ g/h}$

Tabulka B-9 – Varianta 1 - zařízení 2 – vstupní údaje

Zařízení č.2 - Kanceláře							
Číslo místnosti	Přívod [m ³ /h]	Cirkulace [m ³ /h]	Odvod [m ³ /h]	Přívodní prvky		Odvodní prvky	
				Počet [ks]	Průtok [m ³ /h]	Počet [ks]	Průtok [m ³ /h]
1 02	950	700	250	4	238	4	238
1 03	170	70	100	1	170	1	170
1 04	170	70	100	1	170	1	170
1 08	300	55	30	2	150		
1 09	585	0	0	3	195		
1 13	570	0	0	3	190		
1 15	160	35	95	1	160		
1 16	1515	755	760	5	303	5	303
2 02	645	445	200	3	215	3	215
2 03	145	45	100	1	145	1	145
2 04	190	90	100	1	190	1	190
2 08	795	220	240	3	265	3	225
2 10	390	190	200	2	195	2	195
2 11	460	0	0				

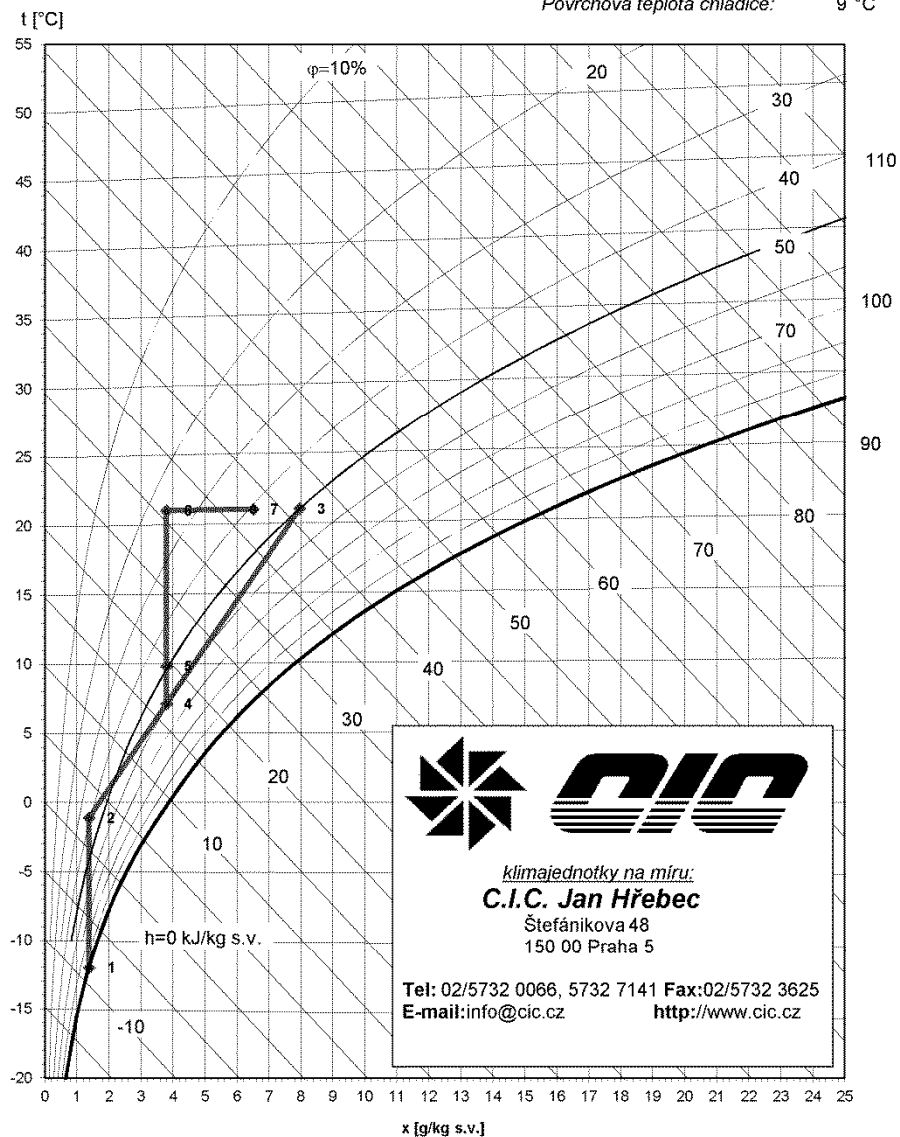
2 12	215	0	0	2	113		
Celkem	7260	2675	2175				

Tabulka B-10 – Varianta 1 –zařízení 2 – průtoky vzduchu

Úpravy vzduchu zařízení č. 2

Psychrometrický diagram dle Molliera
Kanceláře - varianta 1 - Zima

Tlak vzduchu: 98,5 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladiče: 9 °C

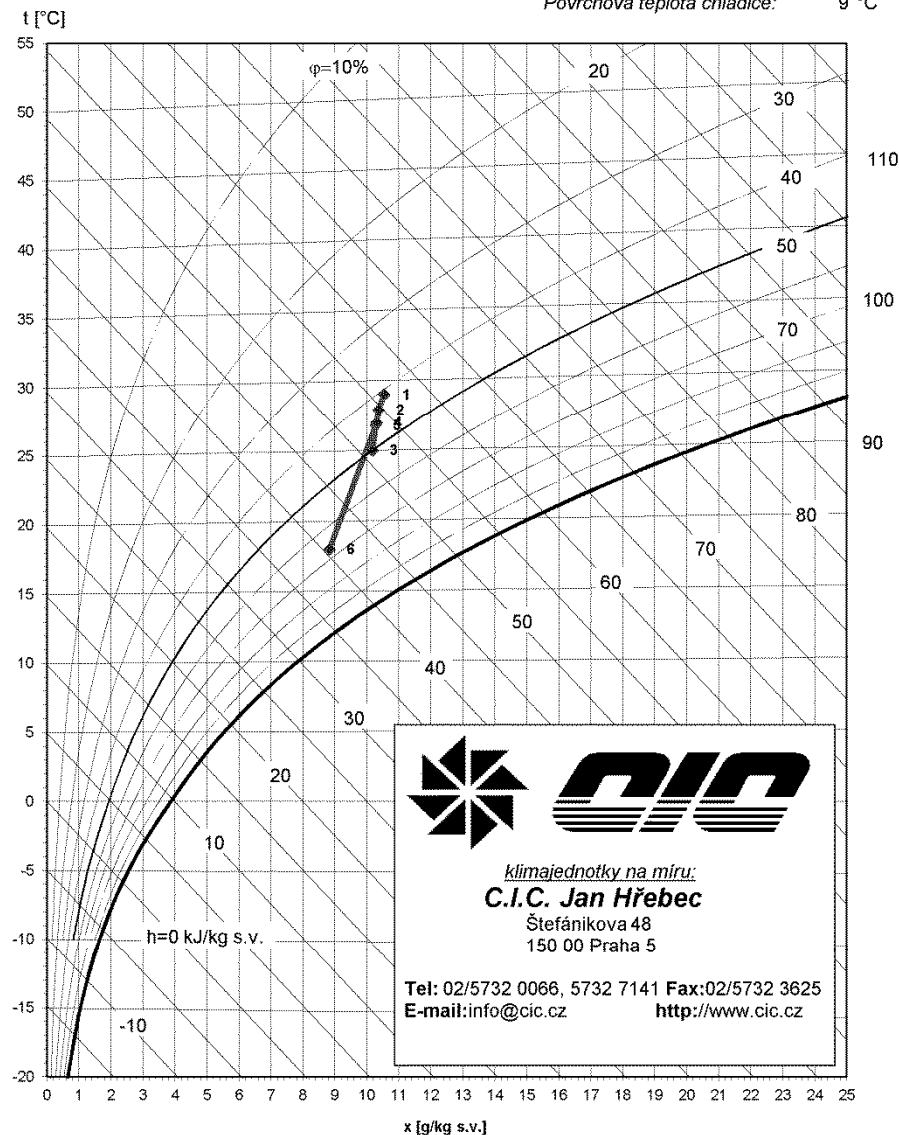


		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		E	ZZT	Cirkul.	Směs	ZZT	Ohřev	Vlhčení			
Teplota	t °C	-12,0	-1,1	21,0	7,1	9,8	21,0	21,0			
rel. vlhkost	φ %	100%	39%	50%	59%	49%	24%	41%			
měr. vlhkost	x g/kg s.v.	1,4	1,4	8,0	3,8	3,8	3,8	6,5			
entalpie	h kJ/kg s.v.	-8,7	2,3	41,4	16,7	19,5	30,9	37,7			
hustota	ρ kg/m ³	1,31	1,26	1,16	1,22	1,21	1,16	1,16			
t. vlhkého tepl.	tv °C	-12,0	-4,3	14,5	3,9	5,2	10,4	13,0			
Skut. průtok	Vs m ³ /h	4 197	4 372	2 787	7 159	7 228	7 514	7 547			
Norm. průtok	Vn m ³ /h	4 585	4 585	2 675	7 260	7 260	7 260	7 260			
Předaný výkon	P kW		16,9			6,6	27,6	16,7			
Odpařené vody	qw kg/h		0,0		0,0	0,0	0,0	23,6			

Obrázek B-XIII – Úpravy vzduchu zařízení 2 – zimní

Psychrometrický diagram dle Molliera
Kanceláře - varianta 1 - Léto

Tlak vzduchu: 98,5 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladiče: 9 °C



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Ext.	ZZT	Cirk.	Směs	ZZT	Chláz.				
Teplota	t °C	29,0	27,9	25,0	27,0	26,8	18,0				
rel. vlhkost	φ %	41%	43%	50%	45%	45%	67%				
měr. vlhkost	x g/kg s.v.	10,5	10,4	10,2	10,3	10,3	8,8				
entalpie	h kJ/kg s.v.	56,2	54,6	51,2	53,5	53,3	40,5				
hustota	ρ kg/m3	1,13	1,13	1,14	1,14	1,14	1,17				
t. vlhkého tepl.	tv °C	19,3	19,0	17,8	18,6	18,5	14,2				
Skut. průtok	Vs m3/h	4 927	4 908	2 305	7 213	7 209	6 981				
Norm. průtok	Vn m3/h	4 585	4 585	2 175	6 760	6 760	6 760				
Předaný výkon	P kW		-2,4			-0,5	-28,7				
Odpařené vody	qw kg/h		-1,0		0,0	-0,2	-11,7				

Obrázek B-XIV – Úpravy vzduchu zařízení 2 – létní

Zařízení číslo 3 – Odvod odpadní vzduchu ze sanitárního zařízení a dílen

Zařízení odvádí odpadní vzduch, je osazeno glykolovými výměníky pro ZZT.

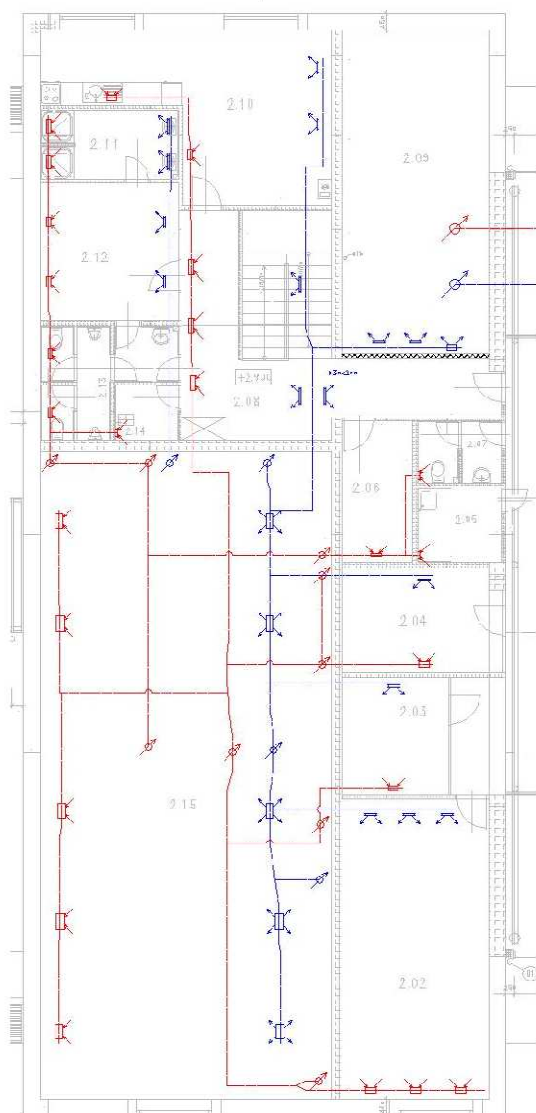
Vstupní údaje	
Vstupní podmínky pro místnost	1 02, 1 03, 1 04, 1 08, 1 09, 1 13, 1 15, 1 16, 2 02, 2 03, 2 04, 2 08, 2 10, 2 11, 2 12
Teplota vnějšího vzduchu pro letní období	$t_e = 29 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Entalpie vnějšího vzduchu	$h_e = 56,2 \text{ kJ/kg}$
Teplota vnitřního vzduchu	$t_i = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Teplota přívodního vzduchu	$t_p = \text{ }^{\circ}\text{C}$
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu	$\phi_i = 50 \text{ } \%$
Tepelná zátěž místností	$Q_L = \text{ W}$
Vodní zisky od lidí	$M_w = \text{ g/h}$

Tabulka B-11 – Varianta 1 – zařízení 2 – vstupní hodnoty

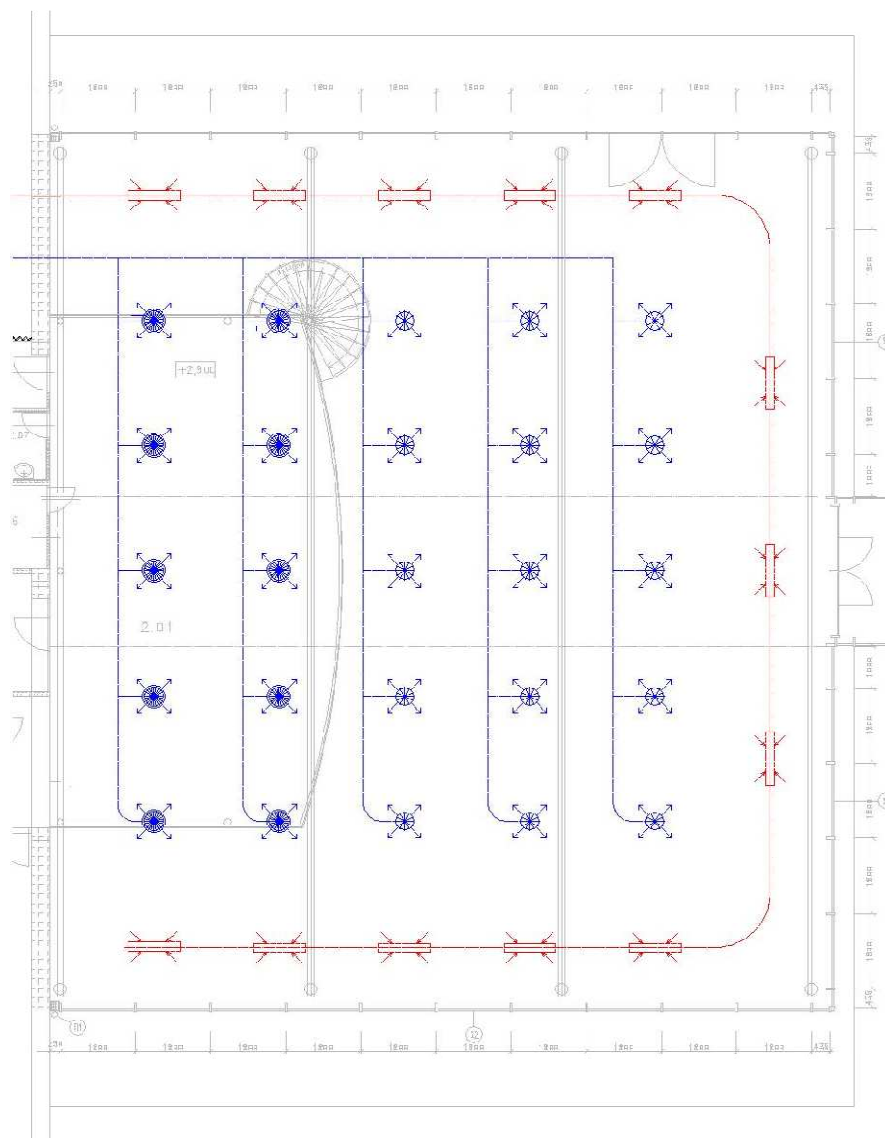
Zařízení č.3 - Sanitární zařízení							
Číslo místnosti	Přívod [m ³ /h]	Cirkulace [m ³ /h]	Odvod [m ³ /h]	Přívodní prvky		Odvodní prvky	
				Počet [ks]	Průtok [m ³ /h]	Počet [ks]	Průtok [m ³ /h]
1 05			80			1	80
1 06			85			1	85
1 07			130			1	130
1 09			585			3	195
1 10			160			1	160
1 12			110			2	55
1 13			300			2	150
1 14			30			1	30
2 05			65			1	65
2 06			115			1	115
2 07			80			1	80
2 11			460			2	230
2 12			215			2	108
2 13			180			2	90
2 14			40			1	40
Celkem			2635				

Tabulka B-12 – Varianta 1 – zařízení 3 – průtoky vzduchu

Obrázek B-XV – Varianta 1 – trasování potrubí 1 NP



Obrázek B-XVI – Varianta 1 – trasy potrubí 2NP -1



Obrázek B-XVII – Varianta 1 – trasy potrubí zařízení 1

Zařízení č.1 - Showroom

Přívodní potrubí													
Větev	Úsek	Průtok	Délka	Předběžně			Navrženo		Tlaková ztráta				
		V	l	w'	S	d'	d _r	w	R	l•R	ξ	Z	l•R + Z
		m ³ s ⁻¹	m	ms ⁻¹	m ²	mm	mm	ms ⁻¹	Pam ⁻¹	Pa	-	Pa	Pa
1	1	0,583	3,4	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	1,1	3,03	23,4	24,6
	2	1,166	3,0	4,5	0,259	575	630	3,5	0,21	0,6	1,82	12,9	13,6
	3	1,749	3,0	4,5	0,389	704	800	3,5	0,15	0,4	1,80	13,0	13,5
	4	2,332	3,0	4,5	0,518	812	1000	3,1	0,09	0,3	1,64	8,9	9,1
	5	2,915	5,8	4,5	0,648	908	1000	3,8	0,13	0,7	3,82	32,5	33,3
	6	5,830	3,0	5,0	1,166	1219	1250	4,8	0,15	0,5	1,61	21,3	21,7

	7	8,745	2,9	6,0	1,458	1363	1400	5,7	0,19	0,5	1,30	24,2	24,7
	8	9,648	3,0	7,0	1,378	1325	1400	6,1	0,22	0,7	1,15	25,0	25,7
	9	10,551	11,1	7,0	1,507	1386	1400	6,6	0,27	2,9	4,00	99,6	102,6
	10	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	11	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	12	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	13	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	5 x vyústka VOV - 450												60,0
2	14	0,583	3,4	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	1,1	3,03	23,4	24,6
	15	1,166	3,0	4,5	0,259	575	630	3,5	0,21	0,6	1,82	12,9	13,6
	16	1,749	3,0	4,5	0,389	704	800	3,5	0,15	0,4	1,80	13,0	13,5
	17	2,332	3,0	4,5	0,518	812	1000	3,1	0,09	0,3	1,64	8,9	9,1
	18	2,915	2,6	4,5	0,648	908	1000	3,8	0,13	0,3	3,82	32,5	32,9
	19	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	20	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	21	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	22	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	5 x vyústka VOV - 450												60,0
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	23	0,583	3,4	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	1,1	3,03	23,4	24,6
	24	1,166	3,0	4,5	0,259	575	630	3,5	0,21	0,6	1,82	12,9	13,6
	25	1,749	3,0	4,5	0,389	704	800	3,5	0,15	0,4	1,80	13,0	13,5
	26	2,332	3,0	4,5	0,518	812	1000	3,1	0,09	0,3	1,64	8,9	9,1
	27	2,915	2,6	4,5	0,648	908	1000	3,8	0,13	0,3	3,82	32,5	32,9
	28	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	29	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	30	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	31	0,583	0,7	4,0	0,146	431	450	3,7	0,33	0,2	1,50	11,9	12,2
	5 x vyústka VOV - 450												60,0
4	32	0,181	3,4	4,0	0,045	240	250	3,8	0,67	2,3	1,54	12,6	14,8
	33	0,362	3,0	4,0	0,091	340	355	3,0	0,36	1,1	1,82	9,6	10,7
	34	0,543	3,0	4,5	0,121	392	450	3,4	0,30	0,9	1,80	12,2	13,1
	35	0,724	3,0	4,5	0,161	453	500	3,8	0,29	0,9	1,64	13,5	14,3
	36	0,905	2,6	4,5	0,201	506	630	2,9	0,14	0,4	3,82	19,2	19,5
	37	0,181	0,7	4,0	0,045	240	250	3,8	0,67	0,5	0,50	4,1	4,6
	38	0,181	0,7	4,0	0,045	240	250	3,8	0,67	0,5	0,50	4,1	4,6
	39	0,181	0,7	4,0	0,045	240	250	3,8	0,67	0,5	0,50	4,1	4,6
	40	0,181	0,7	4,0	0,045	240	250	3,8	0,67	0,5	0,50	4,1	4,6
	5 x vyústka VVK - K - 625												60,0

5	41	0,181	3,4	4,0	0,045	240	250	3,8	0,67	2,3	3,03	24,7	27,0
	42	0,362	3,0	4,0	0,091	340	355	3,0	0,36	1,1	1,82	9,6	10,7
	43	0,543	3,0	4,5	0,121	392	450	3,4	0,30	0,9	1,80	12,2	13,1
	44	0,724	3,0	4,5	0,161	453	500	3,8	0,29	0,9	1,64	13,5	14,3
	45	0,905	2,6	4,5	0,201	506	630	2,9	0,14	0,4	3,82	19,2	19,5
	46	0,181	0,7	4,0	0,045	240	250	3,8	0,67	0,5	0,50	4,1	4,6
	47	0,181	0,7	4,0	0,045	240	250	3,8	0,67	0,5	0,50	4,1	4,6
	48	0,181	0,7	4,0	0,045	240	250	3,8	0,67	0,5	0,50	4,1	4,6
	49	0,181	0,7	4,0	0,045	240	250	3,8	0,67	0,5	0,50	4,1	4,6
					5 x vyústka VVKN - K - 625								
												764,4	1095,2

Odvodní potrubí													
Větev	Číslo	Průtok	Délka	Předběžně			Navrženo		Tlaková ztráta				
		V	l	w'	S	d'	d _r	w	R	l•R	ξ	Z	l•R + Z
		m ³ s ⁻¹	m	ms ⁻¹	m ²	mm	mm	ms ⁻¹	Pam ⁻¹	Pa	-	Pa	Pa
1	1	0,806	3	4,0	0,202	507	630	2,5	0,11	0,3	1,82	6,7	7,0
	2	1,612	3	4,0	0,403	717	800	3,3	0,13	0,4	1,80	11,5	11,9
	3	2,418	3	4,0	0,605	878	1000	3,2	0,09	0,3	1,83	11,0	11,3
	4	3,224	3	4,0	0,806	1013	1250	2,6	0,05	0,2	1,56	6,1	6,3
	5	4,030	6,55	5,0	0,806	1013	1250	3,3	0,08	0,5	3,03	18,8	19,3
	6	4,836	4,5	5,0	0,967	1110	1250	4,0	0,12	0,5	1,85	17,3	17,8
	7	5,642	4,5	5,0	1,128	1199	1250	4,5	0,14	0,6	1,85	21,7	22,4
	8	6,448	6,55	5,0	1,290	1282	1250	5,5	0,19	1,2	4,04	70,4	71,6
	9	7,254	3	5,0	1,451	1359	1400	4,8	0,13	0,4	1,61	21,6	22,0
	10	8,060	3	5,5	1,465	1366	1400	5,3	0,16	0,5	1,61	26,2	26,6
	11	8,866	3	6,0	1,478	1372	1400	5,7	0,19	0,6	1,70	32,3	32,9
	12	9,672	3	7,0	1,382	1327	1400	6,1	0,22	0,7	1,72	37,5	38,2
	13	10,478	11,65	7,0	1,497	1381	1400	6,5	0,26	3,0	6,00	147,6	150,7
				13 x vyústka TRS1 - 1225 x 225 - R1									
												428,8	620,0

Tabulka B-13 – Varianta 1 – zařízení 1 - dimenze potrubí

Zařízení č.2 - Kanceláře

Přívodní potrubí								
Větev	Úsek	Průtok		Návrh		Rozměry	Výsledné	
		V	V	w'	S	A (h) x B (š)	S	w

		[m ³ /h]	[m ³ /s]	[m/s]	[m ²]	[mm]	[m ²]	[m/s]
1	1	190	0,053	3,0	0,018	200 x 100	0,020	2,6
	2	380	0,106	3,5	0,030	200 x 160	0,032	3,3
	3	570	0,158	3,5	0,045	200 x 200	0,040	4,0
	4	1245	0,346	3,5	0,099	200 x 500	0,100	3,5
	5	1705	0,474	3,5	0,135	200 x 630	0,126	3,8
	6	3778	1,049	4,0	0,262	315 x 800	0,252	4,2
	7	3968	1,102	4,0	0,276	315 x 800	0,252	4,4
	8	4271	1,186	4,0	0,297	315 x 800	0,252	4,7
	9	4416	1,227	1,0	1,227	315 x 800	0,252	4,9
	10	7260	2,017	1,0	2,017	400 x 1000	0,400	5,0
	11	150	0,042	1,0	0,042	200 x 160	0,032	1,3
	12	300	0,083	2,5	0,033	200 x 160	0,032	2,6
	13	460	0,128	3,0	0,043	200 x 200	0,040	3,2
	14	190	0,053	1,0	0,053	200 x 200	0,040	1,3
	15	145	0,040	1,0	0,040	200 x 125	0,025	1,6
2	16	390	0,108	3,0	0,036	200 x 250	0,050	2,2
	17	555	0,154	3,5	0,044	200 x 250	0,050	3,1
	18	1085	0,301	3,5	0,086	200 x 630	0,126	2,4
	19	1670	0,464	3,5	0,133	200 x 630	0,126	3,7
3	20	170	0,047	1,0	0,047	200 x 200	0,040	1,2
	21	340	0,094	2,0	0,047	200 x 200	0,040	2,4
	22	1290	0,358	3,0	0,119	250 x 500	0,125	2,9
	23	1896	0,527	4,0	0,132	250 x 800	0,200	2,6
	24	2844	0,790	5,0	0,158	250 x 800	0,200	4,0
	25	170	0,047	1,0	0,047	200 x 200	0,040	1,2
	26	950	0,264	3,0	0,088	250 x 315	0,079	3,4
	27	303	0,084	1,0	0,084	200 x 250	0,050	1,7
	28	606	0,168	1,0	0,168	200 x 315	0,063	2,7
	29	645	0,179	4,5	0,040	250 x 250	0,063	2,9

Odvodní potrubí								
Větev Úsek		Průtok		Návrh		Rozměry	Výsledné	
		V	V	w'	S	A (h) x B (š)	S	w
		[m ³ /h]	[m ³ /s]	[m/s]	[m ²]	[mm]	[m ²]	[m/s]
1	1	195	0,054	3,0	0,018	200 x 160	0,032	1,7
	2	390	0,108	3,5	0,031	200 x 250	0,050	2,2

	3	615	0,171	3,5	0,049	200 x 315	0,063	2,7
	4	840	0,233	3,5	0,067	200 x 315	0,063	3,7
	5	1065	0,296	3,5	0,085	200 x 400	0,080	3,7
	6	1425	0,396	4,0	0,099	250 x 500	0,125	3,2
	7	2940	0,817	5,0	0,163	250 x 630	0,158	5,2
	8	4850	1,347	5,0	0,269	315 x 800	0,252	5,3
2	9	303	0,084	1,0	0,084	200 x 250	0,050	1,7
	10	606	0,168	1,0	0,168	200 x 315	0,063	2,7
	11	909	0,253	1,0	0,253	200 x 400	0,080	3,2
	12	1515	0,421	2,5	0,168	250 x 400	0,100	4,2
	13	303	0,084	3,0	0,028	200 x 250	0,050	1,7
	14	606	0,168	1,0	0,168	200 x 315	0,063	2,7
3	15	170	0,047	2,0	0,024	125 x 200	0,025	1,9
	16	360	0,100	3,0	0,033	200 x 200	0,040	2,5
	17	190	0,053	2,0	0,026	125 x 200	0,025	2,1
4	18	170	0,047	1,0	0,047	125 x 200	0,025	1,9
	19	315	0,088	3,0	0,029	200 x 200	0,040	2,2
	20	145	0,040	1,0	0,040	125 x 200	0,025	1,6
5	21	950	0,264	3,0	0,088	250 x 250	0,063	4,2
	22	1595	0,443	1,0	0,443	250 x 500	0,125	3,5
	23	1910	0,531	2,5	0,212	250 x 500	0,125	4,2
	24	645	0,179	3,0	0,060	250 x 250	0,063	2,9

Tabulka B-14 – Varianta 1 – zařízení 2 – dimenze potrubí

Zařízení č.3 - Odvod znehodnoceného vzduchu

Přívodní potrubí								
Větev	Úsek	Průtok		Návrh		Rozměry	Výsledné	
		V	V	w'	S		S	w
		[m ³ /h]	[m ³ /s]	[m/s]	[m ²]	[mm]	[m ²]	[m/s]
1	1	195	0,054	3,0	0,018	200 x 125	0,025	2,2
	2	585	0,163	3,5	0,046	200 x 250	0,050	3,3
	3	745	0,207	3,5	0,059	200 x 315	0,063	3,3
	4	855	0,238	3,5	0,068	200 x 400	0,080	3,0
	5	1185	0,329	3,5	0,094	200 x 500	0,100	3,3
	6	2080	0,578	4,0	0,144	200 x 630	0,126	4,6
	7	2635	0,732	6,0	0,122	200 x 630	0,126	5,8
	8	195	0,054	3,0	0,018	200 x 125	0,025	2,2

	9	55	0,015	1,0	0,015	100 x 200	0,020	0,8
	10	55	0,015	1,0	0,015	100 x 200	0,020	0,8
2	11	460	0,128	3,0	0,043	200 x 250	0,050	2,6
	12	675	0,188	3,5	0,054	200 x 250	0,050	3,8
	13	855	0,238	3,5	0,068	200 x 315	0,063	3,8
	14	895	0,249	3,5	0,071	200 x 315	0,063	3,9
	15	40	0,011	1,0	0,011	100 x 200	0,020	0,6
			-	-	-	- - -	-	-
3	16	85	0,024	1,0	0,024	100 x 200	0,020	1,2
	17	165	0,046	3,5	0,013	100 x 200	0,020	2,3
	18	295	0,082	3,5	0,023	125 x 200	0,025	3,3
	19	555	0,154	3,5	0,044	200 x 200	0,040	3,9
	20	80	0,022	1,0	0,022	100 x 200	0,020	1,1
	21	145	0,040	4,0	0,010	100 x 200	0,020	2,0
	22	260	0,072	6,0	0,012	125 x 200	0,025	2,9

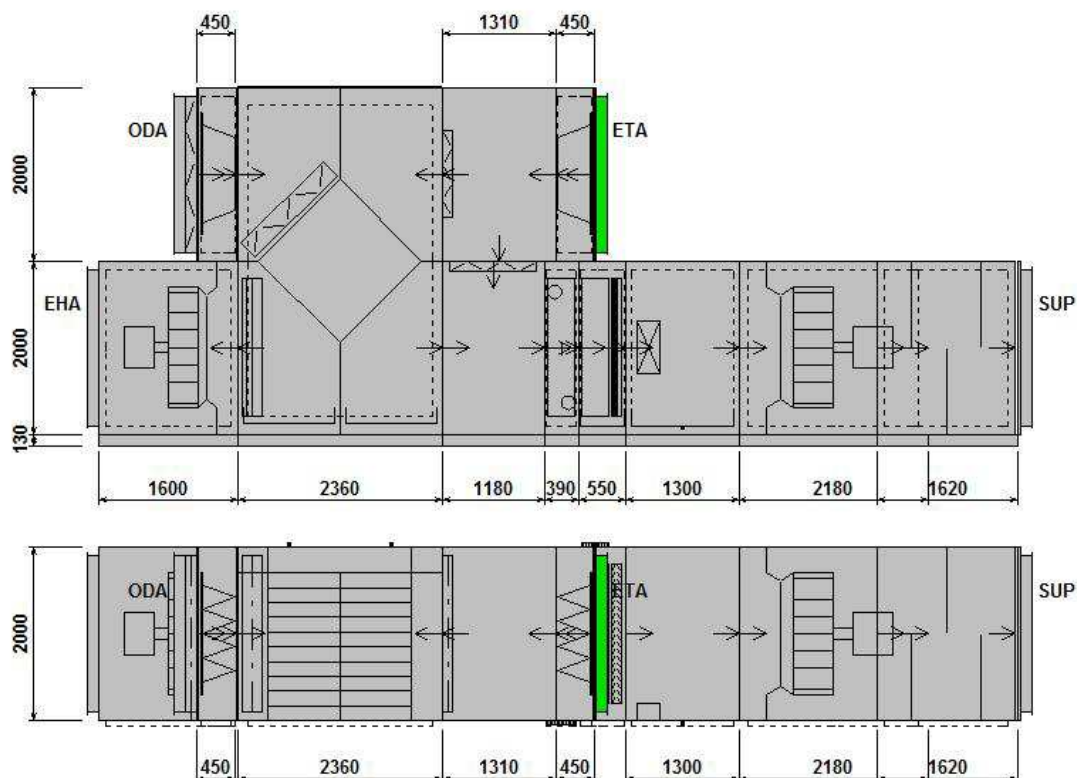
Tabulka B-15 – Varianta 1 – zařízení 3 – dimenze potrubí

Návrh jednotek

Zařízení č. 1

Sestavná klimatizační jednotka CIC H40		Přívod	Odvod	Jednotky
Průtok vzduchu jednotkou		38000	37700	[m ³ /h]
Rychlost v průřezu		2,92	2,9	[m/s]
Skutečná externí tlaková ztráta (rezerva)		1095	620	[Pa]
Tlaková ztráta komponentů v sestavě		185,7	138	[Pa]
Výstupní teplota z přívodu		zima	23,2	[°C]
		léto	18	[°C]
Výstupní relativní vlhkost z přívodu		zima	40	[%]
		léto	67	[%]
Součtové výkony ventilátorů		30	2,7	[kW]
Součtové výkony pro ohřev		56		[kW]
Součtové výkony pro chlazení		109,3		[kW]

Tabulka B-16 – zařízení č. 1 – vybrané hodnoty

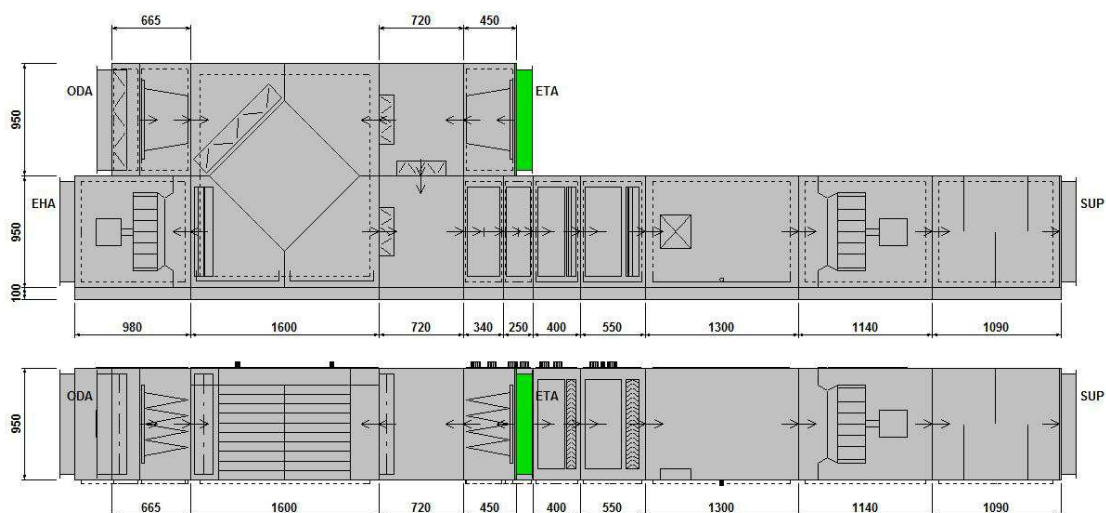


Obrázek B-XVIII – zařízení č. 1 – jednotka CIC H40

Zařízení č. 2

Sestavná klimatizační jednotka CIC H8		Přívod	Odvod	Jednotky
Průtok vzduchu jednotkou		7260	4850	[m ³ /h]
Rychlost v průřezu		2,79	1,86	[m/s]
Skutečná externí tlaková ztráta (rezerva)		345	620	[Pa]
Tlaková ztráta komponentů v sestavě		185,7	210	[Pa]
Výstupní teplota z přívodu		zima	21	[°C]
		léto	18	[°C]
Výstupní relativní vlhkost z přívodu		zima	41	[%]
		léto	67	[%]
Součtové výkony ventilátorů		4	1,5	[kW]
Součtové výkony pro ohřev		32,6		[kW]
Součtové výkony pro chlazení		25		[kW]

Tabulka B-17 – zařízení č. 2 – vybrané hodnoty

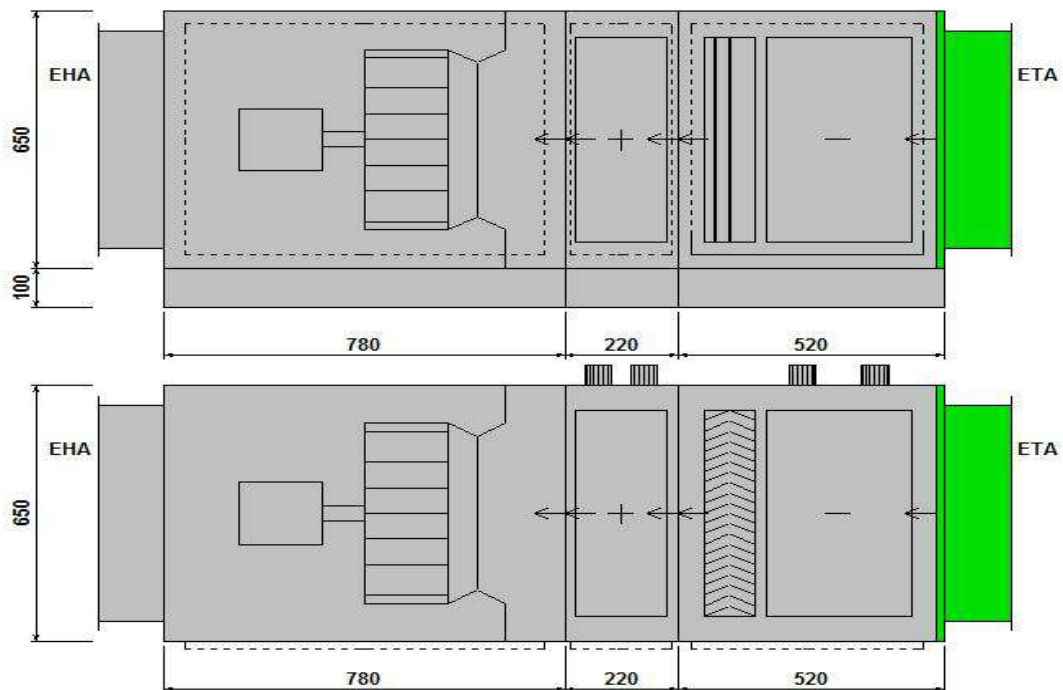


Obrázek B-XIX – zařízení č 2 – jednotka CIC H8

Zařízení č. 3

Sestavná klimatizační jednotka CIC H3,15		Přívod	Odvod	Jednotky
Průtok vzduchu jednotkou			2635	[m ³ /h]
Rychlost v průřezu			1,86	[m/s]
Skutečná externí tlaková ztráta (rezerva)			620	[Pa]
Tlaková ztráta komponentů v sestavě			210	[Pa]
Výstupní teplota z odvodu	zima	21		[°C]
	léto	25		[°C]
Výstupní relativní vlhkost z odvodu	zima	50		[%]
	léto	50		[%]
Součtové výkony ventilátorů			0,75	[kW]
Součtové výkony pro ohřev ZZT		0,6		[kW]
Součtové výkony pro chlazení ZZT		6,9		[kW]

Tabulka B-18 – zařízení 3 – vybrané hodnoty



Obrázek B-XX – zařízení 3 – jednotka CIC H3,15

5.3.2. Varianta č. 2

Zařízení č. 1 – Klimatizační systém vodní s fancoily

Zařízení č.1 - Showroom												
Číslo místnosti	Přívod [m ³ /h]	Odvod [m ³ /h]	Přívodní prvky		Odvodní prvky		Návrh fancoilu					
			Počet [ks]	Průtok [m ³ /h]	Počet [ks]	Průtok [m ³ /h]	Topný výkon [kW]	Chladicí výkon [kW]	Průtok [m ³ /h]	Příkon ventilátoru [W]	Velikost [-]	Počet [ks]
1 01	8000	7775	20	400	5	1550	5,0	6,0	970	98	8	15

Tabulka B-19- Varianta 2 – zařízení 2 – Průtoky vzduchu

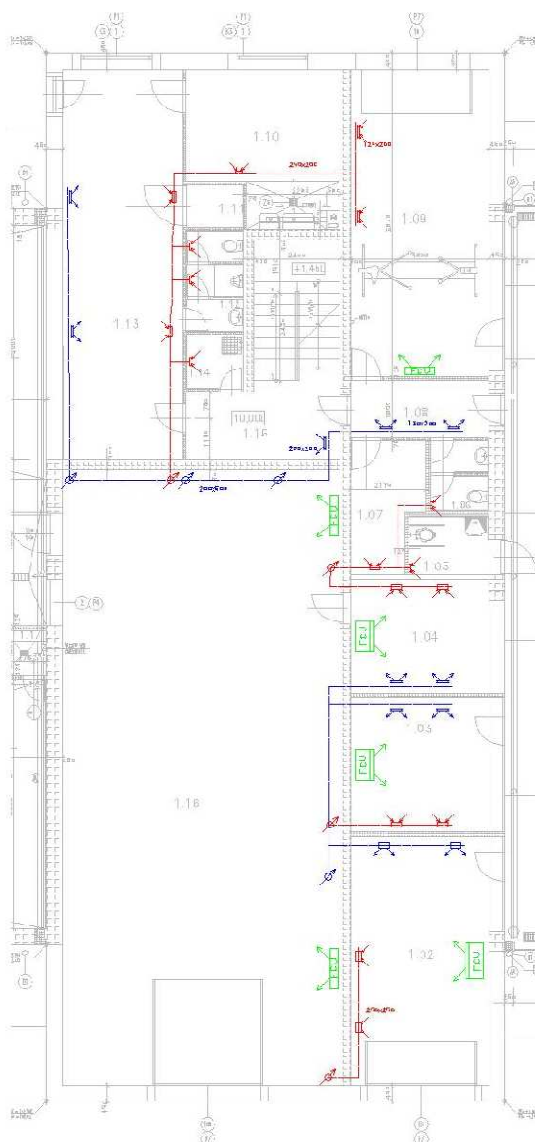
Zařízení č. 2 – Klimatizační systém vodní s fandily

Zařízení č.2 - Kanceláře												
Číslo místnosti	Přívod [m ³ /h]	Odvod [m ³ /h]	Přívodní prvky		Odvodní prvky		Návrh fancoilu					
			Počet [ks]	Průtok [m ³ /h]	Počet [ks]	Průtok [m ³ /h]	Topný výkon [kW]	Chladicí výkon [kW]	Průtok [m ³ /h]	Příkon ventilátoru [W]	Velikost [-]	Počet [ks]
1 02	365	365	2	183	2	183	2,2	2,3	360	14,7	4	1
1 03	390	390	2	195	2	195	0,6	0,9	150	13,7	1	1
1 04	330	330	2	165	2	165	0,6	0,9	150	13,7	1	1
1 05		80			1	80						

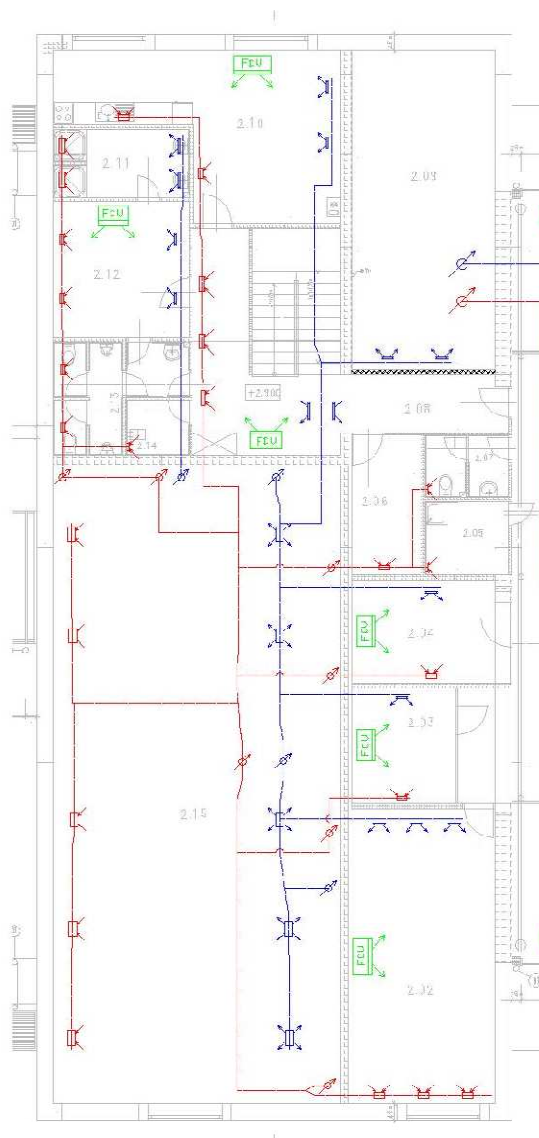
1 06		80			1	80						
1 07		115			1	115						
1 08	225		2	113								
1 09	380	380	2	190	2	190	1,0	1,4	270	51,2	1	1
1 10		100			1	100						
1 12		110			2	55						
1 13	510	300	2	255	2	150	0,6	0,9	150	13,7	1	2
1 14		30			1	30						
1 15	125		1	125								
1 16	1515	1515	5	303	5	303	1,7	1,8	280	11,0	3	2
2 02	425	425	3	142	3	142	1,2	1,3	230	21,8	2	1
2 03	125	125	1	125	1	125	0,6	0,9	150	13,7	1	1
2 04	165	165	1	165	1	165	0,6	0,9	150	13,7	1	1
2 05		65			1	65						
2 06		40			1	40						
2 07		80			1	80						
2 08	310	365	2	155	3	122	0,9	1,2	220	21,2	1	1
2 10	225	225	2	113	2	113	1,0	1,0	160	13,8	2	1
2 11	460	460	2	230	2	230						
2 12	405	225	2	203	2	113	0,6	0,9	150	13,7	1	1
2 13		180			2	90						
2 14		30			1	30						
Celkem	5955	6180										

Tabulka B-20 – Varianta 2 – zařízení 2 – průtoky vzduchu

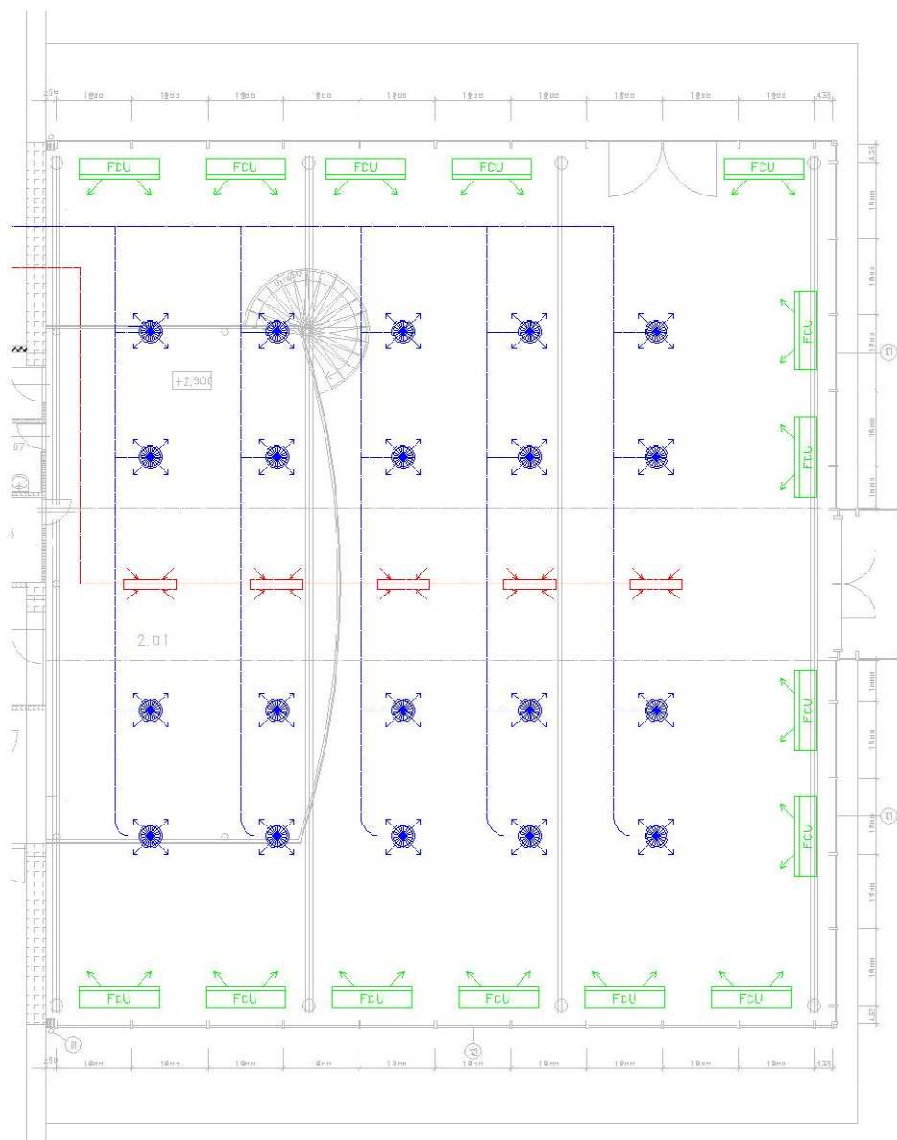
Dimenzování potrubí



Obrázek B-XXI – Varianta 2 – trasy potrubí 1NP



Obrázek B-XXII – Varianta 2 – trasy potrubí 2 NP -1



Obrázek B-XXIII – Varianta 2 – trasy potrubí 2NP – 2

Zařízení č.1 - Showroom

Přívodní potrubí									
Větev	Úsek	Průtok		Návrh			Výsledné		
		V	V	w'	S	d'	d _r	S	w
		[m ³ /h]	[m ³ /s]	[m/s]	[m ²]	[mm]	[mm]	[m ²]	[m/s]
1	1	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	2	800	0,222	3,5	0,063	284	315	0,078	2,9
	3	1200	0,333	3,5	0,095	348	355	0,099	3,4
	4	1600	0,444	3,5	0,127	402	400	0,126	3,5
	5	3200	0,889	4,0	0,222	532	500	0,196	4,5
	6	4800	1,333	4,0	0,333	652	630	0,312	4,3
	7	6400	1,778	4,5	0,395	709	800	0,502	3,5

	8	8000	2,222	5,0	0,444	752	800	0,502	4,4
	9	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	10	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	11	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
2	12	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	13	800	0,222	3,5	0,063	284	315	0,078	2,9
	14	1200	0,333	3,5	0,095	348	355	0,099	3,4
	15	1600	0,444	3,5	0,127	402	400	0,126	3,5
	16	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	17	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	18	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
3	19	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	20	800	0,222	3,5	0,063	284	315	0,078	2,9
	21	1200	0,333	3,5	0,095	348	355	0,099	3,4
	22	1600	0,444	3,5	0,127	402	400	0,126	3,5
	23	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	24	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	25	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
4	26	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	27	800	0,222	3,5	0,063	284	315	0,078	2,9
	28	1200	0,333	3,5	0,095	348	355	0,099	3,4
	29	1600	0,444	3,5	0,127	402	400	0,126	3,5
	30	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	31	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	32	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
5	26	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	27	800	0,222	3,5	0,063	284	315	0,078	2,9
	28	1200	0,333	3,5	0,095	348	355	0,099	3,4
	29	1600	0,444	3,5	0,127	402	400	0,126	3,5
	30	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	31	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5
	32	400	0,111	3,0	0,037	217	200	0,031	3,5

Odvodní potrubí									
Větev	Úsek	Průtok		Návrh			Výsledné		
		V	V	w'	S	d'	d _r	S	w

		[m ³ /h]	[m ³ /s]	[m/s]	[m ²]	[mm]	[mm]	[m ²]	[m/s]
1	1	1550	0,431	3,0	0,144	428	500	0,196	2,2
	2	3100	0,861	3,5	0,246	560	630	0,312	2,8
	3	4650	1,292	4,0	0,323	641	800	0,502	2,6
	4	6200	1,722	4,0	0,431	741	800	0,502	3,4
	5	7750	2,153	5,0	0,431	741	800	0,502	4,3

Tabulka B-21 – Varianta 2 – zařízení 1 – dimenze potrubí

Zařízení č.2 - Kanceláře

Přívodní potrubí									
Větev	Úsek	Průtok		Návrh		Rozměry		Výsledné	
		V	V	w'	S	A (h) x B (š)	S	w	
		[m ³ /h]	[m ³ /s]	[m/s]	[m ²]	[mm]	[m ²]	[m/s]	
1	1	255	0,071	2,0	0,035	200 x 200	0,040	1,8	
	2	510	0,142	2,5	0,057	200 x 315	0,063	2,2	
	3	943	0,262	3,5	0,075	200 x 400	0,080	3,3	
	4	1293	0,359	3,5	0,103	200 x 500	0,100	3,6	
	5	2511	0,698	3,5	0,199	315 x 630	0,198	3,5	
	6	2676	0,743	4,0	0,186	315 x 630	0,198	3,7	
	7	2979	0,828	4,0	0,207	315 x 630	0,198	4,2	
	8	3104	0,862	4,0	0,216	315 x 630	0,198	4,3	
	9	5955	1,654	1,0	1,654	400 x 800	0,320	5,2	
	10	165	0,046	1,0	0,046	200 x 200	0,040	1,1	
	11	125	0,035	1,0	0,035	200 x 200	0,040	0,9	
2	12	460	0,128	2,0	0,064	200 x 315	0,063	2,0	
	13	663	0,184	2,5	0,074	200 x 315	0,063	2,9	
	14	866	0,241	3,0	0,080	200 x 400	0,080	3,0	
3	15	225	0,063	2,0	0,031	200 x 200	0,040	1,6	
	16	350	0,097	2,0	0,049	200 x 200	0,040	2,4	
4	17	225	0,063	2,0	0,031	200 x 250	0,050	1,3	
	18	605	0,168	1,0	0,168	200 x 315	0,063	2,7	
	19	915	0,254	1,0	0,254	200 x 400	0,080	3,2	
	20	380	0,106	1,0	0,106	200 x 250	0,050	2,1	
5	21	330	0,092	2,0	0,046	200 x 250	0,050	1,8	
	22	720	0,200	2,0	0,100	200 x 400	0,080	2,5	
	23	1085	0,301	3,0	0,100	250 x 400	0,100	3,0	
	24	1691	0,470	4,0	0,117	250 x 500	0,125	3,8	

25	2419	0,672	5,0	0,134	315 x 500	0,158	4,3
26	390	0,108	1,0	0,108	200 x 250	0,050	2,2
27	365	0,101	1,0	0,101	200 x 250	0,050	2,0
28	303	0,084	2,0	0,042	250 x 250	0,063	1,3
29	606	0,168	3,0	0,056	250 x 250	0,063	2,7
30	425	0,118	2,0	0,059	200 x 250	0,050	2,4

Tabulka B-22- Varianta 2 – zařízení 2 – dimenze přívodního potrubí

Odvodní potrubí									
Větev Úsek		Průtok		Návrh		Rozměry		Výsledné	
		V	V	w'	S	A (h) x B (š)	S	w	
		[m3/h]	[m³/s]	[m/s]	[m²]	[mm]	[m²]	[m/s]	
1	1	190	0,053	2,0	0,026	200 x 200	0,040	1,3	
	2	380	0,106	2,5	0,042	200 x 200	0,040	2,6	
	3	480	0,133	2,5	0,053	200 x 315	0,063	2,1	
	4	630	0,175	3,5	0,050	200 x 315	0,063	2,8	
	5	740	0,206	3,5	0,059	200 x 400	0,080	2,6	
	6	920	0,256	4,0	0,064	200 x 400	0,080	3,2	
	7	1815	0,504	4,0	0,126	250 x 630	0,158	3,2	
	8	2405	0,668	4,0	0,167	315 x 630	0,198	3,4	
	9	3285	0,913	4,0	0,228	315 x 800	0,252	3,6	
	10	3840	1,067	4,0	0,267	315 x 800	0,252	4,2	
	11	5355	1,488	4,0	0,372	400 x 800	0,320	4,6	
	12	6180	1,717	4,0	0,429	400 x 800	0,320	5,4	
2	13	365	0,101	2,0	0,051	200 x 250	0,050	2,0	
	14	790	0,219	2,5	0,088	200 x 500	0,100	2,2	
	15	1305	0,363	2,5	0,145	250 x 500	0,125	2,9	
	16	425	0,118	3,5	0,034	250 x 200	0,050	2,4	
3	17	390	0,108	2,0	0,054	200 x 250	0,050	2,2	
	18	515	0,143	3,0	0,048	200 x 250	0,050	2,9	
	19	125	0,035	2,0	0,017	160 x 200	0,032	1,1	
4	20	330	0,092	2,0	0,046	200 x 250	0,050	1,8	
	21	605	0,168	2,0	0,084	250 x 250	0,063	2,7	
	22	790	0,219	3,0	0,073	250 x 250	0,063	3,5	
	23	80	0,022	2,0	0,011	100 x 200	0,020	1,1	
	24	160	0,044	2,0	0,022	100 x 200	0,020	2,2	
	25	275	0,076	2,0	0,038	200 x 200	0,040	1,9	
	26	80	0,022	2,0	0,011	100 x 200	0,020	1,1	
	27	145	0,040	2,0	0,020	100 x 200	0,020	2,0	

	28	185	0,051	2,0	0,026	100 x 200	0,020	2,6
5	29	225	0,063	2,0	0,031	200 x 200	0,040	1,6
	30	347	0,096	2,0	0,048	200 x 250	0,050	1,9
	31	469	0,130	3,0	0,043	200 x 250	0,050	2,6
	32	591	0,164	2,0	0,082	200 x 250	0,050	3,3
6	33	460	0,128	2,0	0,064	200 x 250	0,050	2,6
	34	685	0,190	2,0	0,095	200 x 315	0,063	3,0
	35	865	0,240	3,0	0,080	200 x 315	0,063	3,8
	36	895	0,249	4,0	0,062	200 x 315	0,063	3,9
7	37	303	0,084	2,0	0,042	250 x 250	0,063	1,3
	38	606	0,168	2,0	0,084	250 x 250	0,063	2,7
	39	909	0,253	3,0	0,084	250 x 315	0,079	3,2
	40	1515	0,421	2,0	0,210	250 x 400	0,100	4,2
	41	303	0,084	2,0	0,042	250 x 250	0,063	1,3
	42	606	0,168	2,0	0,084	250 x 250	0,063	2,7

Tabulka B-23 – Varianta 2 – zařízení 2 – dimenze odvodního potrubí

6. Zhodnocení variant

7. Technická zpráva

7.1. Charakteristika a základní údaje o stavbě

Projekt řeší vzduchotechniku pro zajištění vnitřního prostředí autocentra, které je rozděleno na halový trakt showroomu a dvoupodlažní trakt. Samostatně stojící objekt je členěn na prostory s různými provozny a odlišnými požadavky na interní mikroklima, jehož stav je nutné zajistit vzduchotechnikou.

7.2. Přehled výchozích údajů a podkladů

Normové předpisy pro zpracování projektu jsou:

Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.

Zákon č. 318/2012 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií ve znění pozdějších předpisů.

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví.

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.

ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov

ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor

ČSN EN 12 831 – Tepelné soustavy v budovách. Výpočet tepelného výkonu

Výchozí podklady pro zpracování projektu jsou:

Technické podklady výrobců VZT zařízení, stavební výkresy, normové a právní podklady.

7.3. Konceptní řešení VZT

Charakter a účel budovy vyžadují mikroklimatické podmínky odpovídající provozu jednotlivých účelových celků. K zajištění požadovaných podmínek je využíván systém vzduchotechniky, jež umožní:

- klimatizaci velkoobjemového prostoru Showroomu
- klimatizaci pracovního prostředí kanceláří
- větrání hygienických zařízení
- větrání pracovního prostředí dílen

7.4. Vstupní hodnoty a mikroklimatické podmínky

Klimatické veličiny:									
Lokalita	Nadmořská výška [m]	Tlak vzduchu p [kPa]	Teplota vzduchu t _{ez} [°C]	Počet topných dní d	Teplota t _{es} [°C] pro 12°C	Teplota letní t _{el} [°C]	Tlak par p _{max} [hPa]	Entalpie h _e [kJ/kg]	Teplota mokrého teploměru
Brno	227	98,5	-12	222	3,6	29	16,0	56,2	19,2

7.5. Přehled navržených vzduchotechnických systémů

Varianta 1

VZT zařízení č. 1 – Klimatizace vzduchová

VZT zařízení č. 2 – Dílčí klimatizace s chlazením a vlhčením

VZT zařízení č. 3 – Odvod znehodnoceného vzduchu z hygienických zařízení a dílen

Varianta 2

VZT zařízení č. 1 – Klimatizační systém vodní s fancoily

VZT zařízení č. 2 – Klimatizační systém vodní s fancoily

7.6. Energetické zdroje

7.6.1. Tepelná energie

Zdrojem tepla je otopná voda, kterou připravuje teplovodní kotel ústředního vytápění se teplotním spádem 80 / 60 °C.

7.6.2. Chladicí energie

Zdrojem chladu pro chlazení vzduchu je chladicí voda připravovaná ve zdroji chladu se spádem 6 / 12 °C.

7.6.3. Elektrická energie

Zdrojem elektrické energie pro VZT zařízení bude napěťová soustava 400V/230V, 50Hz.

7.7. Požadavky na související profese

7.7.1. Stavební

- Základové konstrukce pro zařízení
- Pomocné nosné konstrukce pro montáž zařízení
- Otvory pro prostupy potrubí, dotěsnění a začištění otvorů po montáži
- Zřízení revizních otvorů

7.7.2. Elektroinstalace

- Připojení zařízení vzduchotechnické jednotky a vnějších kondenzačních jednotek chladičového systému
- Napojení elektrických součástí na elektrickou síť
- Zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem
- Napojení výfukových hlavic nad střechou na hromosvod
- Zásuvky o napětí 230 V, 400 V/50 Hz

7.7.3. Ústřední vytápění

- Připojení ohřivačů VZT jednotek na topnou vodu (včetně regulačních a pojistných armatur)

7.7.4. Chlazení

- Připojení chladičů VZT jednotek na chladovou vodu

7.7.5. Zdravotní technika

- Odvod kondenzátu přes zápachovou uzávěrku od VZT jednotek
- Přívod studené vody a odvodnění strojovny vzduchotechniky

7.7.6. Regulace a měření

VZT jednotky budou řízeny a regulovány systémy RaM, které zajistí:

- Ovládání jednotlivých zařízení podle jejich provozu a potřeb

- Regulaci teploty vzduchu řízením výkonu teplovodních ohříváčů a vodních chladičů

7.7.7. Izolace

Na systémy VZT jsou navrženy hlukové, tepelné a požární izolace.

7.7.8. Nátěry

Klimatizační, větrací a odsávací jednotky jsou opatřeny základní povrchovou úpravou výrobcem. Základním nátěrem se opatří ostatní VZT. Části VZT ve vnějším prostředí se opatří dvojnásobným emailováním. Barevný odstín viditelných částí upřesní projektant stavební části.

7.7.9. Protipožární opatření

Do potrubí procházející stavebními konstrukcemi ohraničující požární úsek budou osazeny požární klapky se samočinným uzavřením s požadovanou dobou požární odolnosti. Požární ochranu objektu řeší samostatný projekt.

7.8. Ochrana životního prostředí

Při realizaci a provozu VZT zařízení bude zabráněno úniku provozních látek (oleje, chladivo) pravidelnými revizemi zařízení. Emise spojené s provozem zařízení nebudou přesahovat limity stanovené zákonem č.86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a příslušnými změnami.

7.9. Pokyny pro montáž, obsluhu a údržbu

Montáž zařízení mohou provádět pouze osoby odborně způsobilé, a to podle výrobcem předepsané dokumentace. Před montáží je nutné zajistit koordinaci souvisejících profesí.

Vzduchotechnické zařízení musí být obsluhováno kvalifikovanými osobami. Je nutné dbát na pravidelnou údržbu zařízení. Celé zařízení musí být před zahájením provozu zbaveno všech nečistot, prachu a usazenin stavebního materiálu. Během provozu je nutné dodržovat provozní předpisy stanovené výrobcí vzduchotechnických zařízení.

Při provozu je nezbytné dodržovat obecně platné předpisy bezpečnosti a požární ochrany. Je nutné pravidelně kontrolovat stav zařízení z hlediska požární ochrany a provádět školení obsluhujícího personálu.

7.10. Závěr

Dokumentace byla zpracována podle platných legislativních a normativních požadavků a doporučení.

C. Část C – Volitelná část

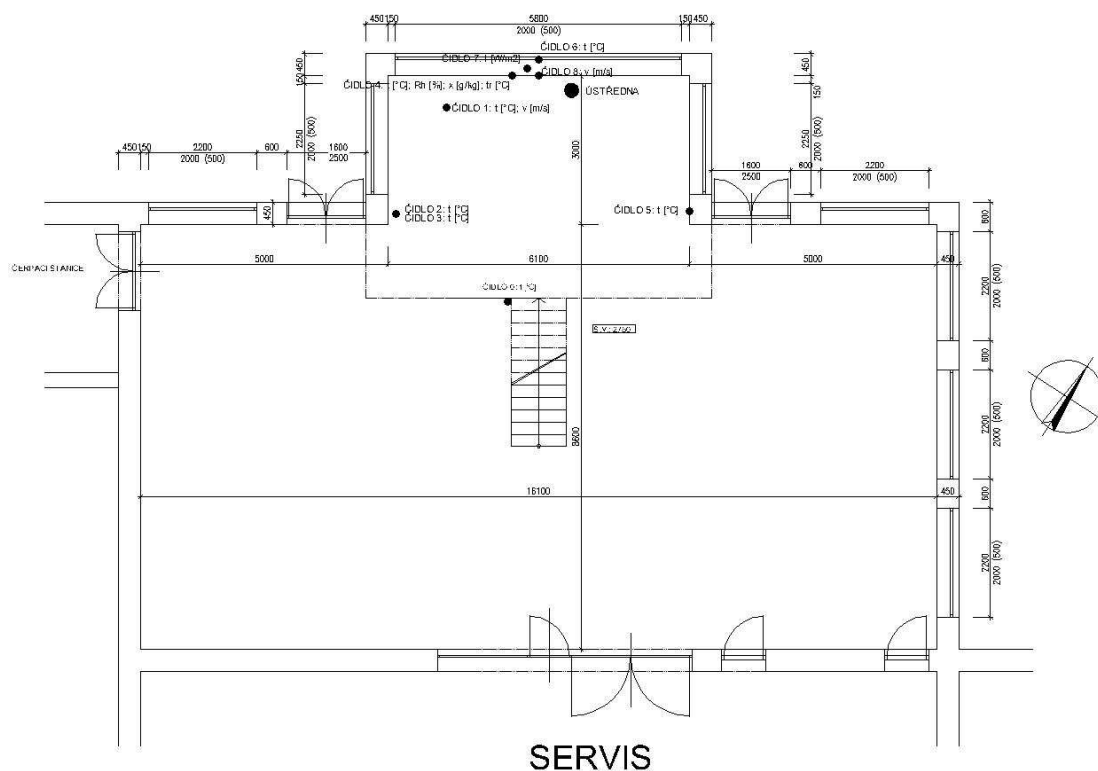
1. Experimentální měření

1.1. Cíle měření

Cílem experimentu bylo naměřit, jakých hodnot dosáhne teplota vzduchu v interiéru bez klimatizace v letním období a srovnat naměřené hodnoty s hodnotami požadovanými právními předpisy.

1.2. Popis objektu

Jedná se o objekt menšího autocentra bez VZT zařízení. Budova je zděná. Měření probíhalo v prostoru Showroomu. Průsvitné výplně otvorů, jsou situovány na severozápad a severovýchod.



Obrázek C-I – Situační náčrtek měření

1.3. Popis měření

Měření probíhalo týden od 24.6. do 2.7., probíhalo 24 hodin denně v časovém intervalu 5 minut. Interiérová data se zaznamenávala do ústředny Albhorn Almemo 3290-8, ke které byla připojena čidla, pro snímání teploty vzduchu, výsledné teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, absolutní vlhkosti vzduchu, rychlosti proudění vzduchu, sluneční intenzity.

1.4. Měřicí technika



Obrázek C-II - Pyranometr



Obrázek C-III – Thermoanemometrické čidlo



Obrázek C-IV – Anemometrické čidlo



Obrázek C-V – Snímač vlhkosti a teploty

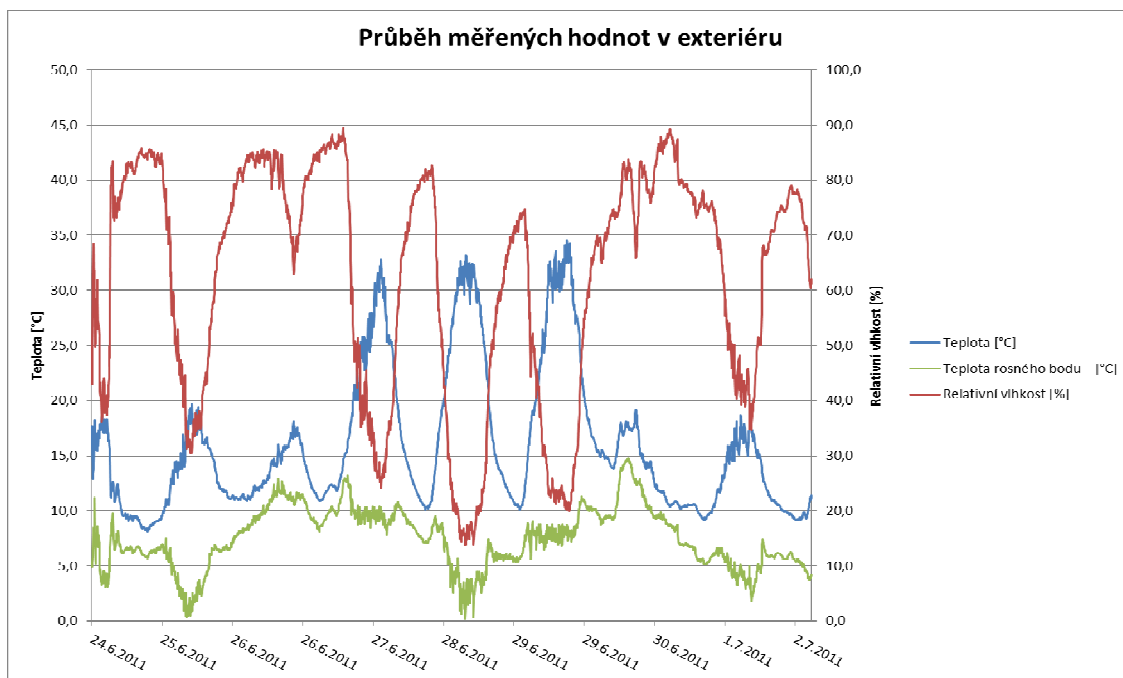


Obrázek C-VI – Comet S3120

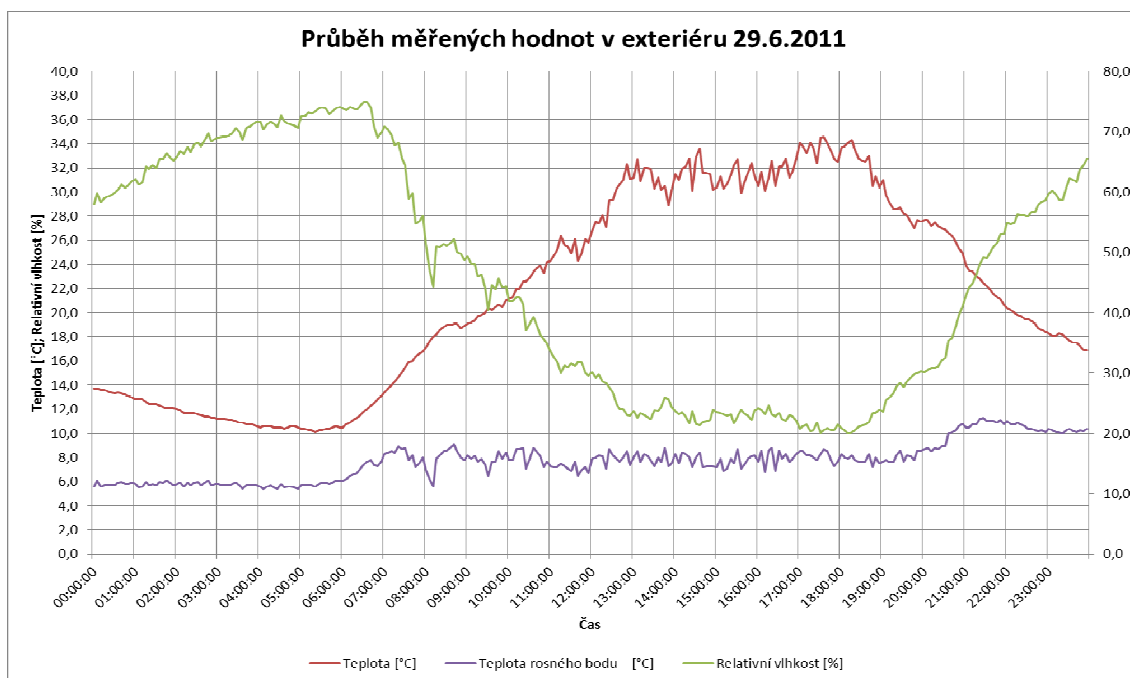


Obrázek C-VII – Ústředna Albhorn Almemo 3290-8

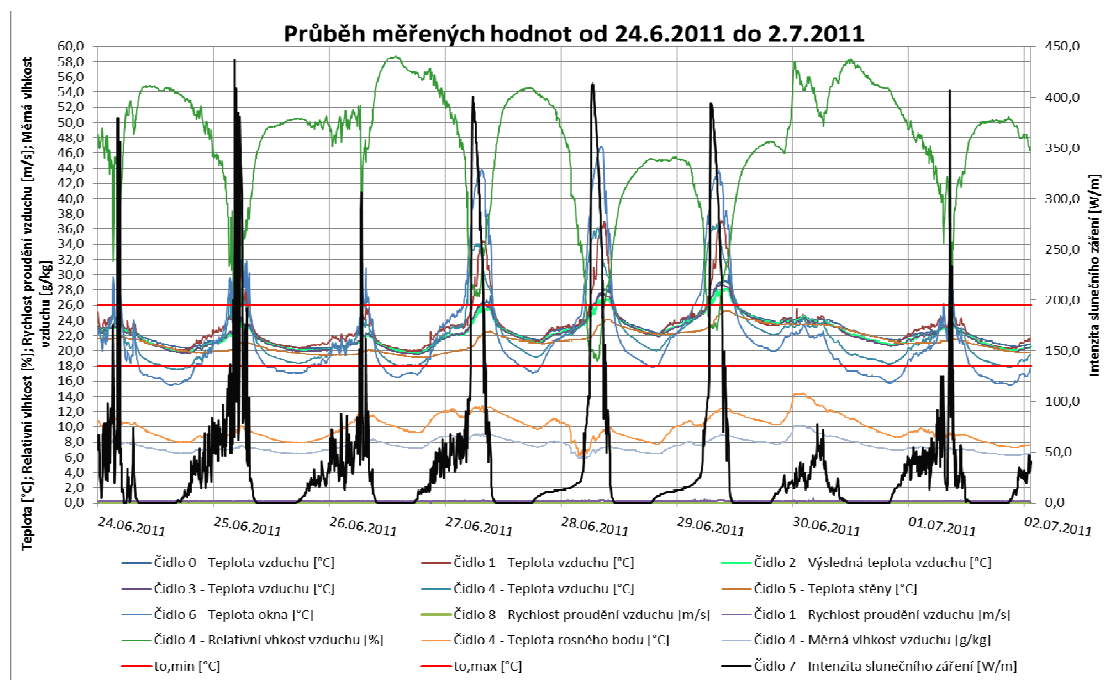
1.5. Výsledky měření



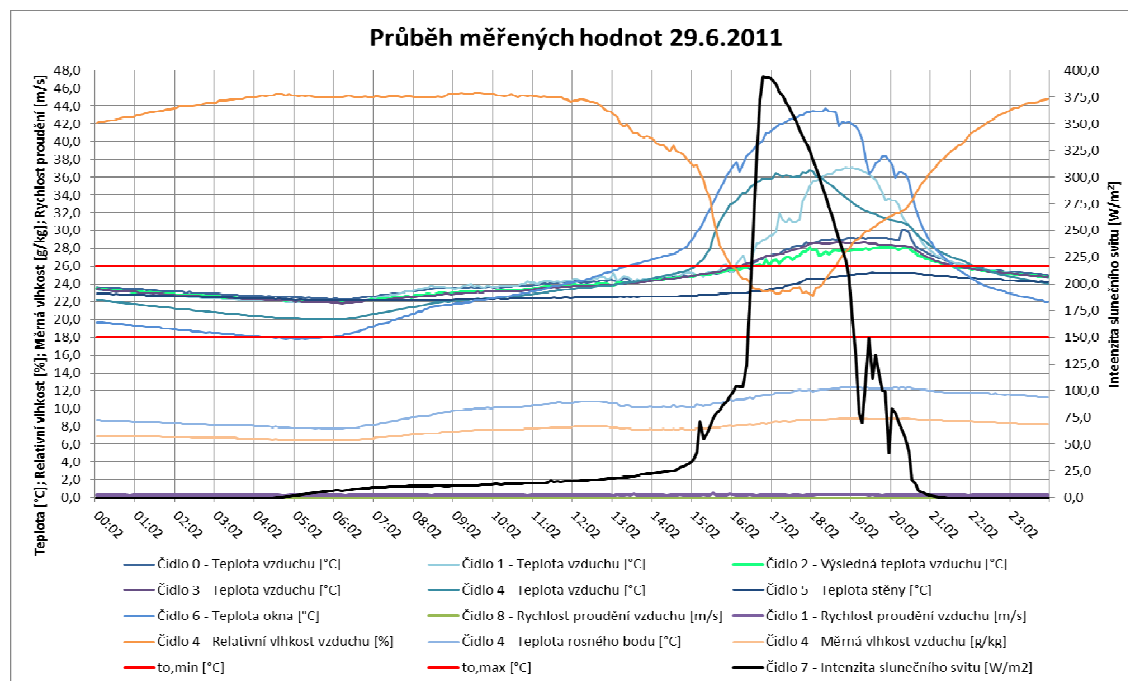
Graf I – Průběh měřených hodnot v exteriéru



Graf II – Průběh měřených hodnot v exteriéru 29.6.2011



Graf III -- Průběh měřených hodnot od 24.6.2011 do 2.7.2011



Graf IV - Průběh měřených hodnot 29.6.2011

1.6. Vyhodnocení výsledků měření

Jak je vidět v grafu IV, teplota vzduchu překračuje předepsané hodnoty až po 16-té hodině. Toto je způsobeno vhodným situováním objektu, kdy jsou okna na SV a SZ.

2. Algoritmizace a modelování

2.1. Cíl výpočtu

Tato práce je dílčí úlohou k diplomové práci na téma Vzduchotechnika autocentra. V této práci se budu zabývat tepelným chováním místnosti – výpočtem teploty v létě bez použití klimatizace. Využiji k tomu metodu Prof. Ing. Jaroslava Chyského CSc., publikovanou v časopise VVI 1/95, dále pak metodu výpočtu programu Simulace z balíku Stavební fyzika 2011 a metodu výpočtu programu LeTe z programového balíku firmy Klima Praha s.r.o.

2.2. Tepelné chování budovy:

Odezva interního mikroklimatu budovy nebo místnosti na působení vnitřních a vnějších vlivů působících na její teplotu. Tato odezva se zjišťuje pro extrémní případy v roce, v zimě na extrémní tepelnou ztrátu a v létě na extrém tepelných zisků kvůli výpočtům potřebným pro stanovení výkonů otopných nebo chladících soustav a kvůli propočtům nákladů provozu budovy za rok a tyto údaje slouží jako část podkladů pro energetický audit a vytvoření průkazu energetické náročnosti budovy. Samozřejmě, dělají se i měsíční a denní bilance, ale vše se dělá pro výpočet potřeby nebo chladu a do výpočtu se bere normová hodnota teploty interiéru. Do výpočtů se zahrnují v zimě tepelné ztráty obálky budovy a ztráty větráním naopak v létě se zahrnují tepelné zisky z vnějšího prostředí, teplota vnějšího vzduchu a výše tepelných zisků insolací, dále zdroje z vnitřního prostředí, lidé, stroje, osvětlení. Tyto vlivy (ztráty a zisky) jsou počítány na extrémní hodnoty, pouze některé z nich se přepočítávají redukcčním součinitelem, aby nedocházelo ke zbytečnému předimenzování.

2.3. Tepelné chování místnosti:

2.3.1. Vlivy ovlivňující teplotu uvnitř místnosti:

V porovnání s problematikou pro místnosti, jejichž okrajové podmínky nejsou tak složité, lze počítat odezvu pro jeden den, lze to udělat i tak, že můžeme vypočítat průběh teplot.

Na teplotu vzduchu v místnosti působí hodně činitelů, v zimě jsou to ztráty prostupem stěnou a otvorovými výplněmi a ztráta větráním, mohou ji ovlivnit i tepelné zisky insolací, ale k tomu musí být příhodné podmínky. V létě jsou to zejména solární zátěž okny, tepelná zátěž vnitřní od lidí a přístrojů a procesů, které v daném prostoru probíhají, dále je ovlivněna akumulací schopností zdí a v případě, že jsou ve styku s exteriérem, tak i jejich schopnost propouštět teplo z exteriéru a tím i velikost sálání do interiéru. Na teplotu v místnosti působí i sálání od osluněných ploch a objektů v místnosti např. stolů, židlí, ale i podlahy. Dále na teplotu působí i množství vzduchu z exteriéru, ten bývá v létě zpravidla teplejší než maximální přípustná teplota v interiéru a je buď přiváděn nuceně, nebo se do místnosti dostává infiltrací. Při nuceném větrání se dá teplota vzduchu ovlivnit použitím vodní pračky, která teplotu vzduchu snižuje.

2.3.2. Výpočet průběhu teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení:

V letním období bývá vnitřní prostředí v místnosti bez strojního chlazení pro uživatele nesnesitelné. Tento stav je třeba vyšetřit z důvodu vysokých nákladů na pořízení a provoz chladicí jednotky, je třeba zjistit jakých rozmezích se tento stav nachází, zjistíme průběh teplot vzduchu v místnosti, průběh povrchových teplot na stěně, která odděluje interiér a exteriér, vlhkost vzduchu.

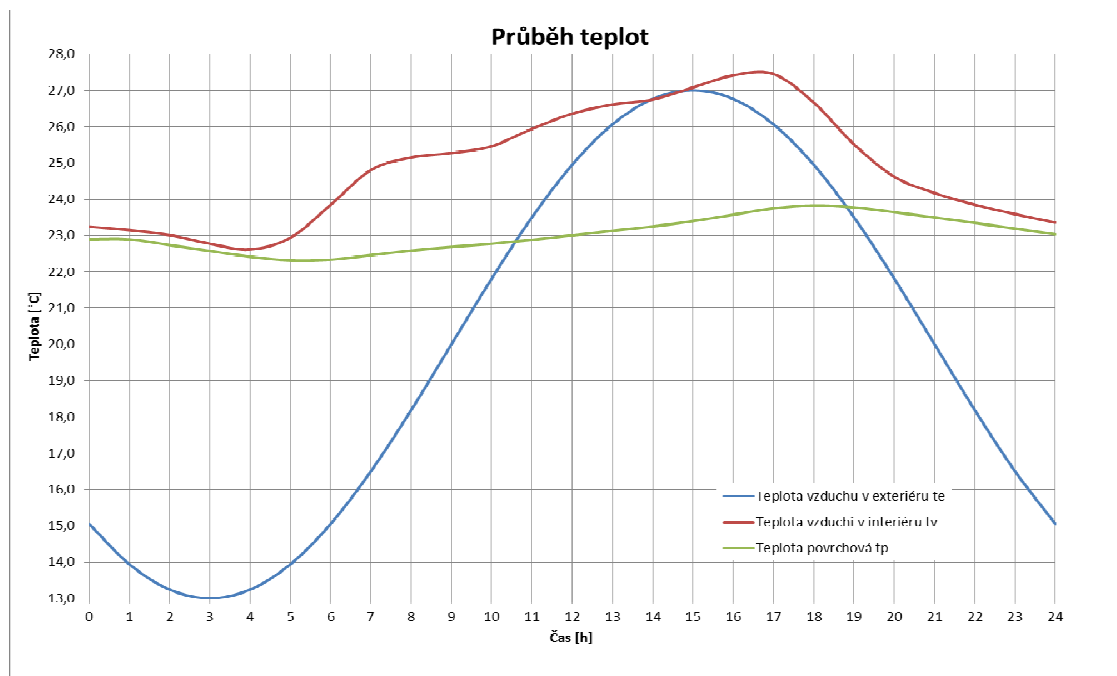
Pro výpočet jsem užil výpočetního algoritmu prof. Ing. Jaroslava Chyského CSc., pak programové řešení z programového balíku Stavební fyzika 2009 a programového balíku firmy Klima Praha s.r.o.. Základ výpočtu je pro všechny metody v podstatě stejný. Protože se všechny vstupní podmínky např.: teplota exteriéru, počet lidí a sluneční svit během dne mění, je třeba den rozdělit na menší časové úseky, použil jsem časový úsek 1 hodina, která pro tento výpočet postačuje.

Prof. Chyský postupuje při výpočtu tak, že se vypočítají solární zisky a zisky z ostatních vnitřních zdrojů (ne lidí), vypočítá se z maximální teploty měrná vlhkost vzduchu, která je pro celý den neměnná. Poté parciální tlak vodních par, který je taky neměnný. Pokud užíváme vodní pračku, vypočítá se teplota a měrná vlhkost vzduchu za pračkou. Ještě se zjistí a vypočítají parametry potřebné k určení akumulačních vlastností stěn, tepelného toku stěnou. Po té již začíná rozdělení dnu na dané časové úseky, pomocí amplitudy kolísání teplot se spočítá teplota vzduchu exteriéru, dále se určí počty lidí v různých časových úsecích, vypočítají dle předepsaných vzorců konstanty potřebné pro výpočet průběhu teplot. Prof. Chyský určuje prvotně t_{p0} předpokládanou teplotu v interiéru, vhodné hodnoty jsou mezi 28 a 30°C. Výstupem je tabulka hodnot s průběhem teplot a graf s průběhem teplot vzduchu v interiéru, na povrchu stěny a v exteriéru. Článek s popisem tohoto algoritmu vyšel v časopise VVI 1/95. Jsou tam popsány vzorce, postup i přijatá zjednodušení.

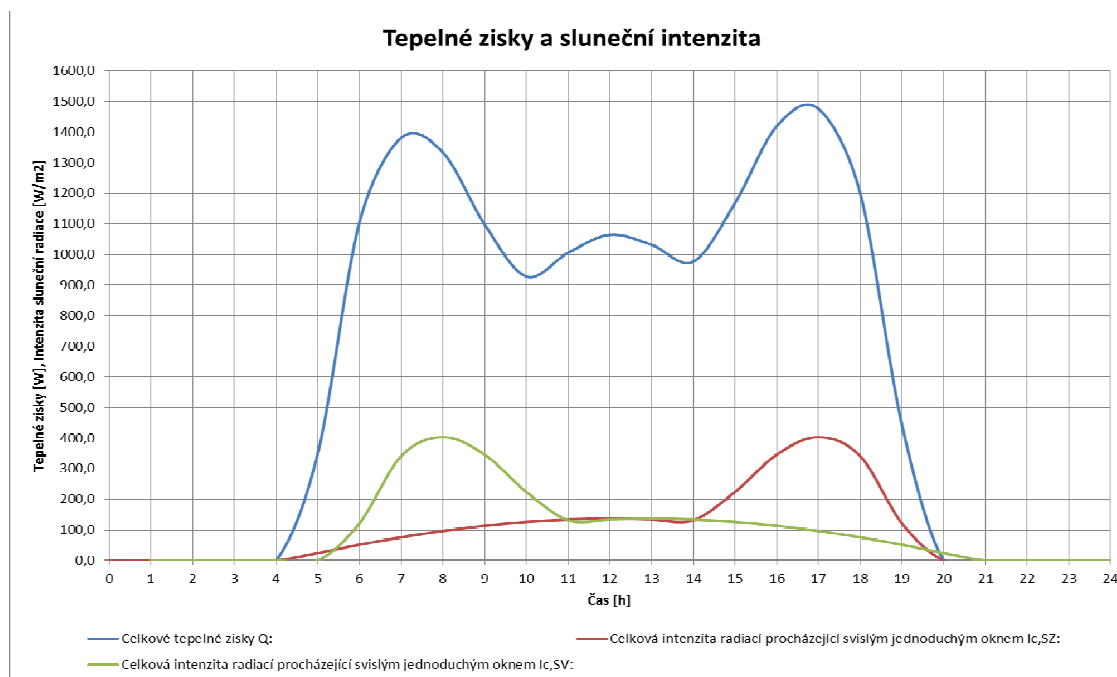
Algoritmus programu Simulace 2011 z programového balíku Stavební fyzika 2011 od doc. Dr. Ing. Zbyňka Svobody se řídí normou ČSN 73 0540 a ČSN EN ISO 13792.

2.4. Výsledky výpočtů

2.4.1. Vlastní výpočetní nástroj



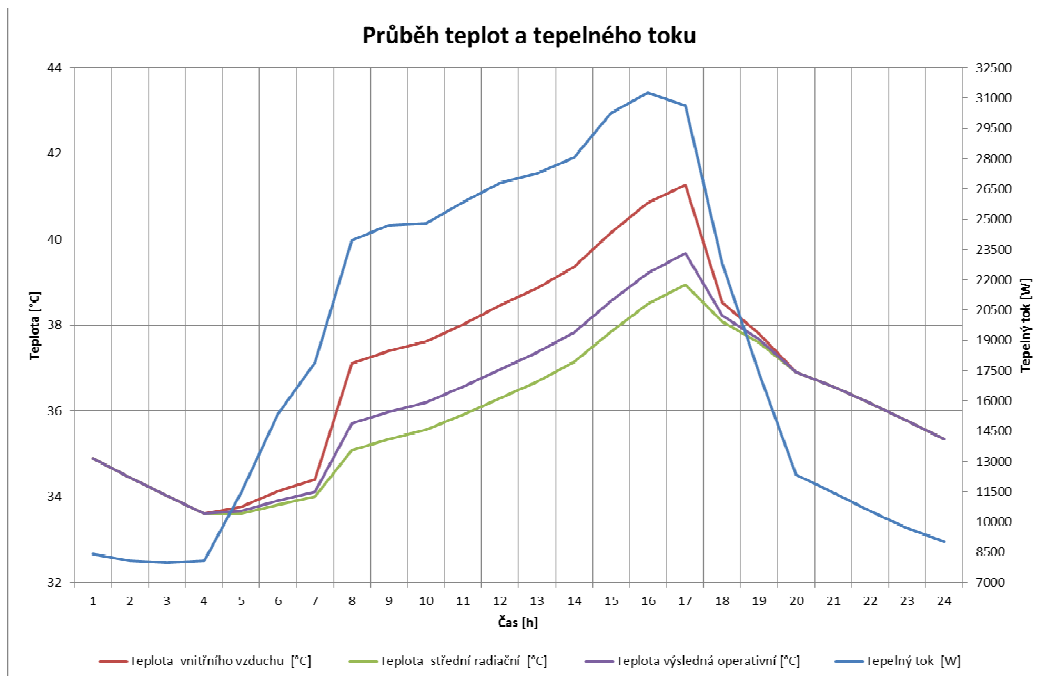
Graf V - Průběh teplot vypočtených dle metody prof. Chyského



Graf VI - Tepelné zisky a sluneční intenzita vypočtené pro metodu dle prof. Chyského

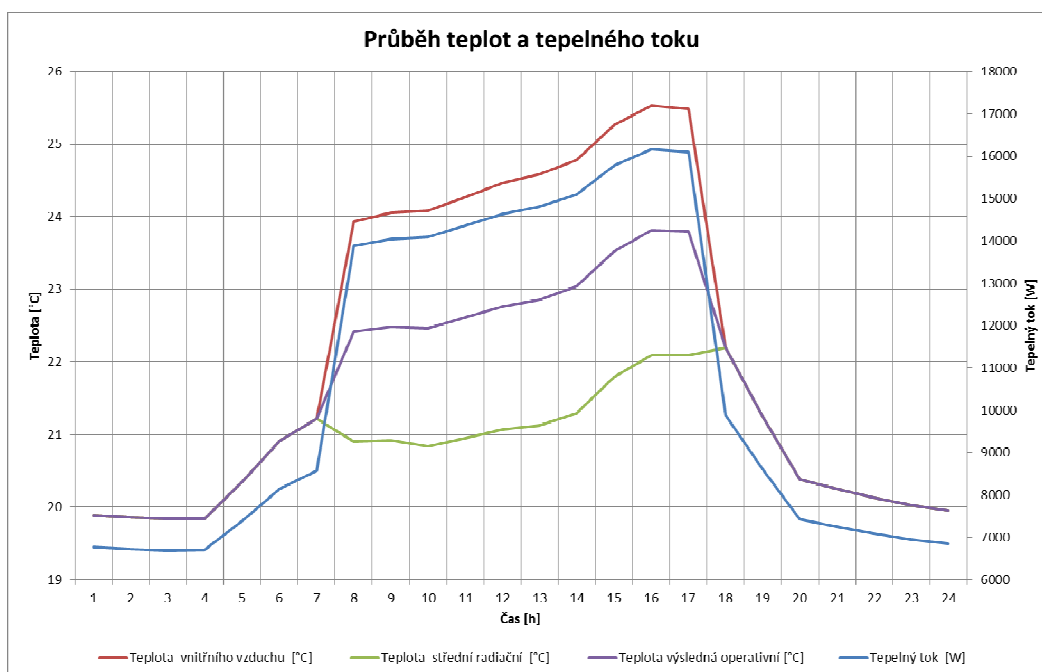
2.4.2. Softwarové řešení doc. Svobody dle ČSN EN ISO 13 792

ČSN EN ISO 13792 – MODEL RC (elektrický obvod)



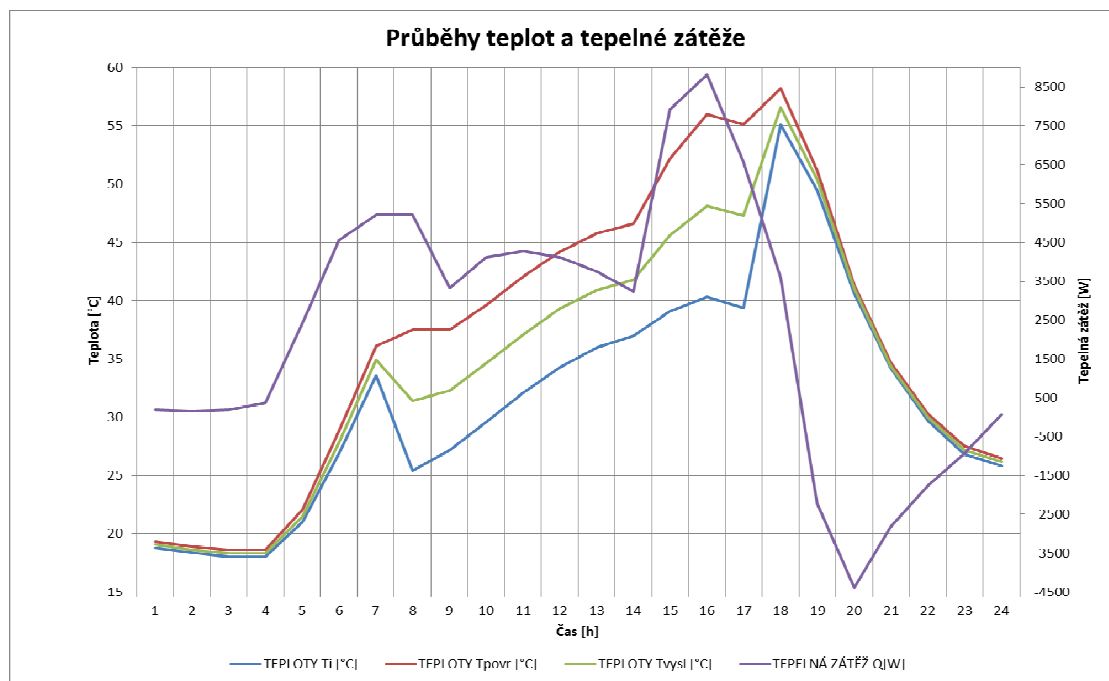
Graf VII - Průběh teplot a tepelného toku

ČSN EN ISO 13792 – TEPELNÁ JÍMAVOST



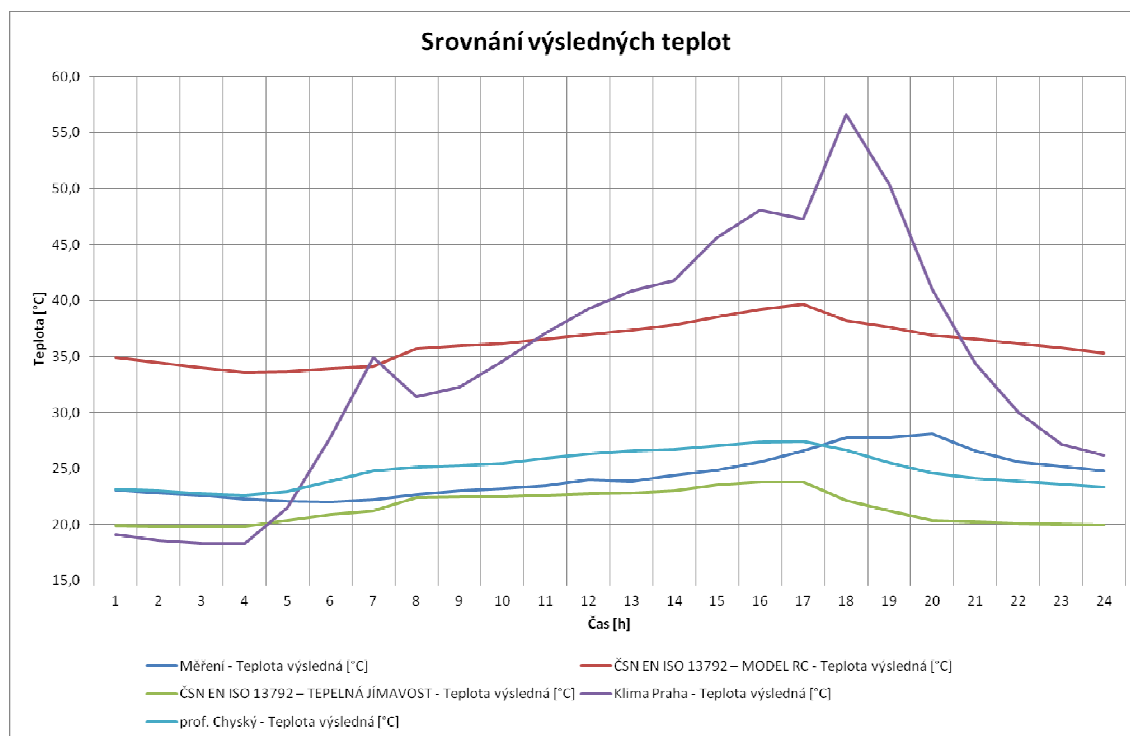
Graf VIII - Průběh teplot a tepelného toku

2.4.3. Softwarové řešení firmy Klima-Praha



Graf IX - Průběhy teplot a tepelné zátěže

3. Srovnání výsledků



Graf X - Srovnání výsledných teplot

Dle grafu X je vidět, že naměřeným hodnotám se nejvíc blíží algoritmus metody dle prof. Chyského a programové řešení Simulace 2011 ze softwarového balíku Stavební fyzika 2011, které přebírá algoritmus dle ČSN EN 13 792 metodou tepelné jímavosti.

Bibliografie

1. **Hirš, Jiří a Gebauer, Günter.** *Vzduchotechnika v příkladech.* Vyd. 1. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-7204-486-9.
2. Česko. Vláda. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. ze dne 24. srpna 2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vybrací. *Sbírka zákonů, Česká republika.* Praha : Tiskárna ministerstva vnitra, 2011. částka 97, stránky 3338 - 3351. ISSN 1211 - 1244.
3. Česko. Vláda. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. ze dne 28. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. *Sbírka zákonů, Česká republika.* Praha : Tiskárna ministerstva vnitra, 2007. částka 111, stránky 5086 - 5236. ISSN 1211-1244.
4. Česko. Vláda. Nařízení vlády č. 68/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb. *Sbírka zákonů, Česká republika.* Praha : Tiskárna ministerstva vnitra, 2010. částka 25, stránky 842 - 864. ISSN 1211-1244.
5. Česko. Vláda. Nařízení vlády č. 93/2012 Sb. ze dne 26. března 2012, které upravuje nařízení vlády č. 68/2010 Sb. *Sbírka zákonů, Česká republika.* Praha : Tiskárna ministerstva vnitra, 2012. částka 37, stránky 1610 - 1648. ISSN 1211-1244.
6. **Mynář, Marek.** *Vzduchotechnika občanských staveb.* Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov, 2011. Diplomová práce.
7. Designové podklady firmy C.I.C. Jan Hřebec dostupné z <http://www.cic.cz/www/uvodni-stranka>
8. Software Simulace 2011 z programového balíku Stavební Fyzika 2011
9. Software LeTe ze softwarového řešení firmy Klima-Praha.

Seznam příloh

- Příloha číslo 1 – Výpočet tepelných ztrát objektu
- Příloha číslo 2 – Výpočet tepelně-vlhkostní bilance – Showroom
- Příloha číslo 3 – Výpočet tepelně-vlhkostní bilance – Kanceláře
- Příloha číslo 4 – Výpočet tepelně-vlhkostní bilance – Dílny
- Příloha číslo 5 – Půdorys 1 NP – Vzduchotechnika varianta 1
- Příloha číslo 6 – Půdorys 2 NP – Vzduchotechnika varianta 1
- Příloha číslo 7 – Půdorys 1 NP – Vzduchotechnika varianta 2
- Příloha číslo 8 – Půdorys 2 NP – Vzduchotechnika varianta 2

